صلاح الدين طلبه

العقول الالكترونية

عملها واستعمالاتها وآثارها

١ ــ عصر آلات التفكير

يحتاج الانسان فى كفاحه من أجل الحياة والسيطرة على الطبيعة الى استخدام حواسه ، وذهنه ، وعضلاته . فحواسه تكشف له الدنيا حوله ، وذهنه يرشده الى ما يجب أن يفعل تجاه البيئة التى يعيش فيها ، وعضلاته هى وسيلته المادية فى تنفيذ ما يرشده اليه ذهنه .

ولما كانت قوى عضلات الانسان محدودة فقد قدح ذهنه لتسخير قوى الطبيعة فى خدمته، وكان نجاحه فى ذلك فائقا ، فقد اخترع الآلة البخاريه ، ومولد الكهرباء ، والمحرك الكهربى ، وآلة الاحتراق الداخلى ، وبهذا أضاف الى قوى عضلاته قوى أخرى تبرزها مرات ومرات وتؤدى له خدمات من ثلاث درجات : فهى تساعده فى انجاز أعمال كانت تثقل كاهله ، وتؤدى له أعمالا أخرى من نوع هذه الأعمال ولكنها تزيد عليها عشرات المرات ، كما تقوم له بأعمال من أنواع جديدة ما كان يستطيع القيام بها بدون هذه الآلات .

كذلك كان مدى رؤية الانسان وسمعه محدودا ، على أنه بقدح ذهنه أمكنه اختراع التلسكوب ، والميكرسكوب ، وآلة التصوير ، والسينما ، والتليفون ، والتلغراف ، والراديو ، والتليفزيون . وبذلك اتسعت أمامه الآفاق ، وأبصر دقائق الأشياء ، ورأى وسمع ما يحدث فى أجزاء الأرض الأخرى وهو بعيد عنها آلاف الأميال .

ولقد اخترع الانسان كل الآلات السابق ذكرها دون أن يجد ذهنه من المساعدات سوى

(*) الدكتور صلاح الدين طلبة . استاذ الاحصاء بجامعة الكويت ورئيس قسم الاحصاء والتامين بكلية التجارة بجامعة الاسكندرية . له بحوث منشورة فى المجلات العلمية العربية والاوروبية فى الرياضيات والاحصاءات الحيوية والتامين . من مؤلفاته : مقدمة الطرق الاحصائية (دار المعارف ــ الاسكندرية) .

تلك التي قدمتها له الآلات الحاسبة التقليدية الهزيلة، وعدد من الجداول الرياضية المليئة بالاخطاء وبعض المعلومات التي سجلها بنو جنسه في الكتب والمجلات. على أنه كلما ازداد تقدمه في تسخير قوى الطبيعة استجدت له احتياجات حسابية ورياضية جبارة ولم تعد الآلات الحاسبة التقليدية والجداول الرياضية القديمة كافية لتلبية هذه الاحتياجات. كذلك تراكمت الكتب والمجلات وأصبح البحث فيها عن المعلومات من أشق الأمور .

وهكذا لزم الانسان أن يبحث عن وسائل من نوع جديد تساعد ذهنه في حل المشاكل الرياضية العويصة ، وتقوم له بالأعمال الحسابية الروتينية المتراكمة ، وتخزن له المعلومات وتمده بها منقحة عند الطلب بأقل جهد وبدون انتظار .

ولقد أوشك الانسان في القرن الماضي على النجاح جزئيا في هذا السبيل عندما اهتدى عالم الرياضيات الانجليزي تشارلز بابدج(1) الى المبادىء الأساسية اللازمة لتصميم الآلات المساعدة للذهن في حل المشاكل الرياضية ، وفي أداء الأعمال الحسابية . على أن التكنولوجيا في عصره لم تسعفه في اتمام صنع آلة صممها لذلك وسماها « الآلة التحليلية » ، ونامت أفكار بابدج قرنا من الزمان .

وأخيرا ــ ومنذ ربع قرن فقط ــ وتحت ضغط الاحتياجات الحربية ــ جاءت النجدة لمساعدة أذهان الناس في شكل آلات يحب البعض ان يسميها « العقول الالكترونية » ، ويفضل العلماء أن يطلقوا عليها اسما أكثر دقة مثل « الآلات الحاسبة الالكترونية » ــ أو شيئاً من هذا القبيل . ولم يكن نجاح الانسان جزئيا في هذه المرة ، وانما كان كليا وفوق كل ما كان يسعى اليه أو يتوقعه ، فقد صنع آلات من نوع جديد تماما تحل أصعب المسائل الرياضية ، وتؤدي الملايين من الأعمال الحسابية الروتينية في ثوان معدودة . كما أنه في الاستطاعة توسيع « ذاكرتها » لتسع أي قدر من المعلومات بعد تنقيحها ، ثم تعطيها في الحال عند الطلب .

وهي تفعل كل ذلك بدون أن تتعب، وبدون أن تمل ، وبدون أن تخطىء .

ولقد كان من باكورة انجازات هذه الآلات عمل الجداول اللازمة لاطلاق المدافع ، وحل العديد من المسائل الرياضية اللازمة لتصميم وصنع كل من المفاعل النووي ، والقنبلة الذرية ، والطائرات النفاثة ، والصواريخ الجبارة ، والقنبلة الهيدروجينية . ولم تكن الآلات الأولى تستخدم للأغراض التجارية لكثرة تكاليفها ، وكبر حجمها ، وعدم توفر المتخصصين في مجال استعمالها وتشغيلها .. على ان التقدم التكنولوجي السريع جعل في الامكان صنع أنواع جديدة من هذه الآلات بتكاليف اقل وحجم أصغر مع كفاءة أكبر ، سواء من حيث سرعة الأداء أو سعة الذاكرة ، كما أن الناس تعلموا كيف يستعملون هذه الآلات ، وبذلك نزلت الآلات الحاسبة الالكترونية الى الأسواق بالعشرات ، ثم بالمئات ، ثم بالآلاف ، وأصبحت صناعتها واحدة من أكبر الصناعات ، وفي أقل من ربع قرن أصبحنا نجد هذه الآلات في خدمة العلم، والطب ، والهندسة ، والصناعة ، والتجارة والاقتصاد وغيرها .

ولكن ما هي الخدمات التي تؤديها الآلات الحاسبة الالكترونية في هذه المجالات ؟ انها تساعد ذهن الانسان في حل المشاكل الرياضية والعلمية ، وفي تذكر المعلومات ، وفي تشخيص الأمراض ، وفي تصميم مختلف الأنواع من الآلات ، وفي الادارة الآلية للمصانع ، وفي استخدام الموارد المحدودة

(1) Charles Babbage

بأكبر فائــده ، وفى الأعمال الاحصائية بادارات الحكومة، والأعمال المحاسبية بالمصارف والشركات، بالاضافة الى كثير غير ذلك ..

ولكى يتبين الى أى حد تساعد هذه الآلات ذهن الانسان فى المجالات المختلفه يكفى أن نقول بأن الآلة الواحدة الكبيرة منها تستطيع أن تحل فى دقائق من المسائل الرياضية أكثر مما يستطيع مائة من الرياضيين فى عام كامل ، وأن تؤدى فى يوم واحد من الأعمال الحسابية ما يشغل ملايين الكتبة فى أسبوع ، وان تحفظ فى ذاكرتها ما يملأ مئات المجلدات . وعما قريب سيأتى اليوم الذى تسع فيه ذاكرة بعض الآلات ما يوجد بمكتبة عامة كاملة .

ولا يستطيع أحد أن يتنبأ بالمدى الــذى سيصل اليه نتائج اختراع هذه الآلات الجديدة التى يقابل دورها فى مساعدة الذهن ذلك الدور الذى تقوم به الآلات التقليدية فى مساعدة العضلات. فالآلات الحاسبة الالكترونية تؤدى للذهن خدمات من ثلاث درجات : فهى تساعده فى انجاز أعمال كانت ترهقه ، وتؤدى له أعمالا أخرى من نوع هذه الأعمال ولكنها يمكن أن تزيد عليها آلاف المرات ، وتقوم له بأعمال من أنواع جديدة ما كان يستطيع القيام بها بدون هذه الآلات .

ولئن جاء اختراع الآلة البخارية اعلانــا للثوره الصناعية فما هو الاعلان الذى جاء بــه اختراع الآلات الحاسبة الالكترونية ؟ ان الناس يحبون أن يقيسوا التغيرات بمقدار نتائجها المادية، ولذلك يقول البعض منهم ان اختراع هذه الآلات جاء اعلانا لثورة صناعية ثانية . على أننا نكون أكثر دقة لو قلنا ان ما جاءت به هذه الآلات هو « ثورة ذهنية » سيكون لها من الآثار ما لا يقاس به أثر اختراع الآلة البخارية. أليس من أول آثار الآلات الجديدة أن دخل الانسان عصر الفضاء ؟ وهل كان يمكن بدون هذه الآلات اطلاق الصواريخ فى الاتجاه الصحيح، ثم تتبع مساراتها ، وتوجيهها فى ذهابها الى القمر ، وعودتها منه ؟

ولا تقتصر آثار الآلات الحاسبة الالكترونية على مواقع منعزلة (مثل الصواريخ عابرة الفضاء، أو البحوث النووية) وانما تمتد آثارها الى ميادين واسعة ، فقد نتج عن وجودها ظهور علوم وطرق جديدة تغطــى مجالات الادارة ، والصناعــة ، والاقتصاد ، والاجتماع ، والحرب . ومن هذه العلوم والطرق الجديدة : « البرامج الخطية »(٢) ، و « المحاكــاة »(٣) و « تقــويم المشروعات »(٤) ، وغيرها مما سنتكلم عنه فيما بعد . ولاشك أنه سيترتب على اختراع الآلات الجديدة ظهور علوم وطرق أخرى لم يحلم بها الانسان ، ولعله مــن أخطــر الآثار التى تترتب عــلى اختــراع الآلات الحاسبة الالكترونية أن الادارة الآلية أو « الأوتوميشن »(٥) فى الصناعة أصبحت أمرا ممكنا .. ولقد ظهرت بداية ذلك فى صناعات تكرير البترول وبعض الصناعات الكيمائية والكهربية ، وهــكذا ستدير « العقول » الالكترونية المصانع ، وتشرف على الآلات الأخرى ، وتقضى شيئا فشيئا على احتياجات الصناعات القائمة للأيدى البشرية . ولابد أن مجرد ظهور هذه الفكرة يقض مضاجع علماء الاجتماع والاقتصاد ، ورجال السياسة . فهل ستؤدى « الأوتوميشن » فى الصناعات الى أن تعم البطالة ــ بما يترتب على ذلك من آثار اجتماعية واقتصادية وسياســية خطــيرة ، أم ستنشأ من ذلك صناعات جديدة تحتاج الى عمال جدد (مدربين فى هذه المرة بدرجات متفاوتة) فيكون الأمر فى صالح العمال والناس جميعا فى النهاية ؟

ولو امعنا الفكر فى هذا الســؤال فربما وجدنا ان الأرجح ألا تعم البطــالة فى المجتمعات

---

(2) linear programming (3) Simulation (4) PERT (5) automation

المتقدمة ، فسينشأ فيها دائما صناعات وأعمال جديدة . وانما الويل كل الويل للمجتمعات التي ستبقى فى المؤخرة العلمية والتكنولوجية .

ولعله جاء الوقت الآن لكى نصف الآلات الحاسبة الجديدة ونصنفها ، على أنه قبل أن نفعل ذلك نحب أن نتفق على أن نعطى هذه الآلات اسمها العلمي المتفق عليه وهو الـ « كمبيوتر »(٦).

والكمبيوتر كلمة معناها فى اللغة الانجليزية « الحاسب » على شريطة ان يستلزم الحساب تفكيرا وخطوات . والكلمة مشتقة من لفظ لاتينى(٧) معناه « يفكر » . على أن الاستعمال الفنى للفظ « كمبيوتر » أصبح الآن مقصورا على آلات معينة تتمشى صفاتها مع التعريف التالى :

((الكمبيوتر آلة تلقن أوامر وبيانات ثم تترك فتقوم بأعمال ((حسابية)) تتألف من خطوات * . وتتم عملها كله فى تلبية الأوامر بدون تدخل الانسان . وعندما تصل الى النتيجة المطلوبة تعطى هذه النتيجه أو تبدأ عملا مبنياً عليها)) .

لعل القارىء لاحظ أننا لم نعط للكمبيوتر فى هذا التعريف صفته « الالكترونية » المشهور بها. لقد فعلنا ذلك عمدا لأنه يمكن صنع كمبيوتر لايستعين بالوسائل الالكترونية ، فالالكترونات دقائق صغيرة تسبح فى مسالك لها ، ومن الممكن تصميم جهاز تقوم فيه جزيئات الهواء أو الماء بنفس الدور الذى تقوم به الالكترونات فى الكمبيوتر الالكترونى . كما أنه من الممكن تصميم كمبيوتر لا يستخدم فيه سوى الوسائل الميكانيكية مثل الروافع والعجلات المسننة «التروس» . ولقد صمم تشارلز بابدج أول كمبيوتر على هذا الأساس فعلا (وكان ذلك كما سبق أن ذكرنا قبل أكثر من مائة سنة من اتمام صنع أول كمبيوتر عرفه الناس) .

على أن الفارق الأساسي بين الكمبيوتر الالكترونى والكمبيوتر غير الالكترونى هو أن الأول يقوم بعملياته بسرعة مذهلة تبز آلاف المرات سرعة أى كمبيوتر غير الكترونى .

وسواء كان الكمبيوتر الكترونيا او غير الكترونى فانه لا يزيد عن كونه آلة من اختراع الانسان ، ولا يستطيع ان يفعل شيئا من نفسه ، ومن التجاوز أن نسميه « عقلا » .. على أن هذا لم يمنع بعض العلماء من التفكير فى اختراع آلات « ذكية » تستجيب للمؤثرات بطريقة التجربة والخطأ ، ولن نناقش هنا امكان وجود مثل هذه الآلات . وعلى كل حال فليس الكمبيوتر من الآلات التى يمكن وضعها تحت قائمة « الآلات الذكية » حسب التعريف السابق .

على أن هذا يجب ألا يجعلنا نحط من قدر الكمبيوتر ، والواقع أن له من القدرات ما يجعله قادرا على « اتخاذ القرارات » فى مواقف معينة (على أساس قواعد تلقن له) اذا كانت « الأوامر » الصادرة اليه من الانسان تتطلب منه ذلك وكان تصميمه مبنيا على أساس الاستجابة لهذه الأوامر. وهناك كمبيوترات يمكنها أن (تلعب) الشطرنج وتتخذ بعد كل حركة من الخصم قرارا يتوقف على الوضع القائم وقتئذ .

وهذا ينقلنا الى الكلام عن أنواع الكمبيوتر والتصنيفات المختلفة التى يمكن ايجادها بين هذه الأنواع .

---

(6) computer (7) computare

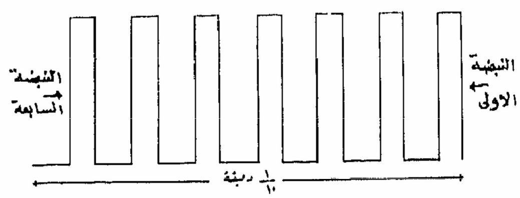
(*) تتم الخطوات واحدة بعد اخرى فى الكمبيوتر الرقمي بخلاف الكمبيوتر التناظرى الذى تتم فيه ((الخطوات)) معا فى وقت واحد (سيأتى وصف أنواع الكمبيوتر فيما بعد).

٢ ـ أنواع الكمبيوتر

تستخدم الكهربية فى أنواع الكمبيوترالحديثة المختلفة ، وسيكون من الملائم أن نراجع بعض المعلوماتالكهربية الأولية التى تلزمنا للتمييز بين النوعين الرئيسيين من الكمبيوترات .

النبضات الكهربية(٨) :

لعله من المفيد أن نراجع أولا معلوماتنا عن نبضات القلب التى نعرفها جيداً .. من المعلوم أن نبضات القلب تحدث بمعدل ٧٠ نبضة فى الدقيقة (فى المتوسط) ، ولسنا نقصد بالنبضة ذلك الصوت الذى نسمعه من القلب ، وانمانقصد بها ذلك الاندفاع فى الدم . أو الضغط ، الناشيء عن انقباض القلب . وهنا يجدر بنا أن نذكر أن هذا الانقباض يتبعه تراخ . واذا قسمنا الدقيقة الى ٧٠ فترة متساوية فاننا نجد أنه اذاشرع القلب فى النبض فى بداية الفترة الأولى فان النبضة تستغرق جزءا من هذه الفترة ، يليهاتراخى القلب فى باقى الفترة ، ثم تبدأ نبضة أخرى فى بداية الفترة الثانية ، وهكذا .



شكل (١) يمثل ٧ نبضات لقلب ينبض بمعدل ٧٠ نبضة فى الدقيقة .

ويمثل شكل (١) سبع نبضات لقلب ينبض بمعدل ٧٠ نبضة فى الدقيقة ، والخط الرأسى الأيمن يبدأ من أسفل متجهاً الى اعلى ممثلاأن ضغط الدم يزداد فجأة (فى بداية الفترة الأولى) الى ارتفاع معين . ويتلو ذلك خط افقى ممثلا أن ضغط الدم يبقى مرتفعا أثناء النبضة . أما الخط الرأسى الثانى فيبدأ من أعلى متجها الى أسفل ممثلا أن الضغط ينخفض فجأة عند نهاية انقباض القلب وبداية تراخية ، ويتبع ذلك خط افقى ممثلا أن الضغط يبقى منخفضا طوال بقية الفترة الأولى . وهكذا بالنسبة الى باقى النبضات .

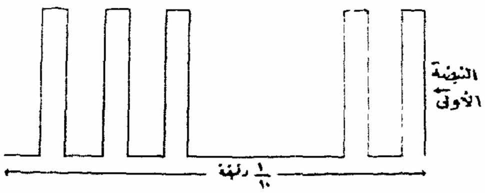
ومن الواضح أن هذا تبسيط شديد فى تمثيل التغيرات التى تحدث لضغط الدم نتيجة حدوث حركة القلب ، فالواقع أن ضغط الدم لا يرتفع فجأة (عند بداية الانقباض) بالطريقة الظاهرة فى الشكل ، ولا بد أن اتمام الارتفاع يستغرق وقتا ، مهما كان هذا الوقت ضئيلا . على أن كل ما يهمنا هو ان نعتبر أن القلب يرسل « اشارات » متتابعة فى شكل نبضات ، وربما كانت الضغوط غير متساوية فى هذه الاشارات ، ولكن هذا لا يهمنا ، فالاشارات تحدث بصرف النظر عن مقدار الضغوط فيها ، وعن تساوى هذه الضغوط أو اختلافها فيما بينها .

والآن دعنا نقارن بين نبض القلب وعمل موظف التلغراف الذى يجلس الى آلة الارسال . يمكننا ان نطلب منه أن يقلد عمل القلب ويرسل « اشارات » فى فترات زمنية متساوية فى شكل « نبضات كهربية » . ولو كانت سرعة ارساله هى ٧٠ نبضة فى الدقيقة فمن الممكن أن نمثل النبضات الكهربية التى يرسلها فى ١/١٠ دقيقة بنفس الرسم الموجود فى شكل (١) .

ولنفرض أن هذا الموظف قسم الدقيقة الى ٧٠ فترة متساوية كما طلبنا ولكنه بعد ارسال

(8) electric pulses

الاشارتين الأولىوالثانية لم يرسل الثالثة والرابعةثم أرسل الاشارات الثلاث التالية فى مواعيدها ، عندئذ يمكننا أن نمثل الاشارات (النبضات) التىأرسلها كما فى شكل (٢) .



شكل (٢) يمثل حدوث نبضتين ثم غياب نبضتين ، ثم حدوث ثلاث نبضات (في ١/١٠ دقيقة) .

على أن هناك من الأجهزة الكهربية ما يمكنهارسال مئات الآلاف من النبضات فى الثانية ، ومن الممكن أن نجعل جهازا من هذه الأجهزة يرسل نبضات فى الفترات التى نعينها له ، وأن يتوقفعن الارسال فيما بين هذه الفترات .

وقد يكون زمن النبضة ١/٢ ميكرو ثانية أوأقل (تحتوى الثانية على مليون ميكروثانية) ، مع وجود فاصل بين نبضتين متتاليتين قـدره ميكرو ثانية واحدة أو اثنتان .

« الضغط الكهربي » :

عندما نقترب من محطة لتوليد الكهرباء قد نرى لافتة عليها العبارة « خطر . ضغط كهربي عال » . وربما ذكر تحت هذا التحذير العبارة« ٥٠٠٠ فولت » مثلا . ولا بأس من استعمال لفظ « ضغط كهربى » فىدراستنا،وان كان من الأفضل استخدام كلمة أخرى هى « الفولتية » (أو فرق الجهد) . والضغوط الكهربية لا تصل فى منازلنا الى هذا المقدار المخيف ، فأجهزتنا مجهزة لتحمل ٢٢٠ فولتاً أو ١١٠ فولتات أو شيئاً من هذا القبيل . أما فى السيارة فان الضغط الكهربي يكـون دون ذلك بكثير ، فالبطارية الموجودة فى السيارة تكون قوتها الدافعة الكهربية ٦ فولتات أو ١٢ فولتاً ، ذلك لأننا لا نحتاج الا الى مقدار ضـئيل من الكهرباء فى سياراتنا . والضغط الكهربى هو ما يعمل على دفع الكهربية فى الأسلاك والأجهزة . وكلما زاد هذا الضغط زادت « شدة » التيار الكهربى .

ثلاثة أنواع من الكمبيوتر :

تقوم الأعمال الحسـابية اما على أساس العد،واما على أساس القياس . وغالبا ما يبنى القياس على فكرة التناظر . فالانسـان مثلا يقيس درجـةالحرارة بتحديد ارتفاع سطح الزئبق فىالترمومتر، وكل ارتفاع لهذا السطح « يناظر » درجة حرارةمعينة . وكذلك تقاس سرعة السيارة باستعمال جهاز معين ذى مؤشر ، وكل وضـع لهذا المؤشر يناظر سرعة معينة لدوران عجلات السيارة . وهكذا .

وهناك ثلاثة أنواع من الكمبيوترات هى :

١ ــ الكمبيوترات التناظرية(٩) التى تعمل على أساس القياس .

٢ ــ الكمبيوترات الرقمية(١٠) التى تعمل على أساس العد .

٣ ــ الكمبيوترات الهجينة(١١) وهى تجمع بين القياس والعد .

(9) analog (10) digital (11) hybrid

الكمبيوتر التناظرى :

يتقلى هـذا الكمبيوتر البيانات فى شكـل ضغوط كهربية تسمى « اشارات » وتعالج كل « البيانات » فى وقت واحد (أى أنها لا تعالج واحدة بعد أخرى كما هـو الحال فى الكمبيوتر الرقمى) . وتتحدد القيم العددية لهذه الاشارات بمستوى الضغط فيها . ويقوم الكمبيوتر التناظرى بعمليات الجمع ، والضرب ، والقسمة ، ووظائف رياضية أخرى (كالتكامل المحدود) .

ومن غير الممكن أن تصل دقة القياس الى درجة دقة العد . ولذلك نجد أن درجة الدقـة تقل فى الكمبيوترات التناظرية عنها فى الرقمية . علـى انـه يمكن بتحسـين التصميـم وتطويـر التكنولوجيا صنع كمبيوترات تناظرية ذات درجة عالية نسبيا من الدقة . ومنذ سنوات يوجد بالأسواق آلات من هذا النوع تصل فيها درجة الدقة الى ٩٩ر٩٩٪ . الا أنه قد يكتفى مـن الكمبيوتر التناظرى بنتيجة تصل فيها درجـة الدقة الى ٩٩٪ .

وفى مقابل أن دقة الكمبيوتر التناظرى ليست عالية جدا (ويفوقه الكمبيوتر الرقمى فى ذلك بكثير) ، نجد أنه نظرا لأن عمل هذا الكمبيوتر مبنى على القياس فان بامكانه اعطـاء النتيجة المطلوبة فى الحال ، ويكون لذلك شأن كبير فى المواقف التى لا تسمح فيها الظروف بالانتظار .

وتستخدم الكمبيوترات التناظرية فى اطلاق القذائف الموجهة وتصحيح مساراتها ، وفى عمليات الـرادار ، وفى العمليـات الصناعيـة الآليـة (الأوتوميشن) ، وفى أشياء اخرى كثيرة . ومن أهم استخداماتها انشاء نماذج « تحاكى » نظما معقدة يصعب فيها حسـاب النتيجـة بالطـرق العادية ، ولكن الكمبيوتر التناظرى يعطى هذه النتيجة فورا .

ويتركب الكمبيوتر التناظرى عن عدد مـن الدوائر الكهربية التى تقوم بالعمليات الحسابية . والأنواع الرئيسية لهذه الدوائر قليلة . ولكـن الدوائر المتشـابهة تتكرر عددا كافيا من المرات للقيـام بالأعمـال الحسابية المطلوبة ، ونقصد بالدوائر المتشـابهة تلك التى تقوم بنفس النوع من العمليات الحسابية . وعندما يراد حل مسألة رياضية توصل أجزاء الكمبيوتر معا بحيث تتناظر العمليات فيه مع التغيرات التى يراد ايجاد نتيجتها . وفى الكمبيوترات التناظرية الحديثـة تستخـدم لوحات خارجية للتوصيل حتى يتسنى تحضير لوحة جديدة لكل عملية مقبلة أثناء عمل الكمبيوتر فى عملية أخرى . وبذلك لا يبقى الكمبيوتر عاطلا بين عمليتين .

والنتيجة التى نريد الحصول عليها مـن الكمبيوتر التناظرى قد تكون جوابا رقميا يظهر على واجهة الآلة فى شكل ضغط ثابت ، وقـد تكون هذه النتيجة قياس التغيرات المتتالية التى تحـدث لمتغير خارجى (مثل سـرعة جسم أو المسافات التى يقطعها فى فترات متتالية من الزمن) فتظهر هذه فى شكل رسم يظهـر على شاشـة الجهاز ، كما قد يكون المطلوب من الكمبيوتر اصدار اشارة كهربية يبدأ بها عمل معين (مثل اطلاق قذيفة على طائرة معادية ، أو احداث تغيير فى عملية صناعية) .

الكمبيوتر الرقمى :

يتم العمل فى الكمبيوتر الرقمى على أساس العد باستخدام نبضات كهربية نسميها اشارات . والمهم هنا هو وجود اشارة أو عدم وجود اشارة ، ولا يهم اطلاقا مقدار الضغط فى النبضة ، بخلاف الحال فى الكمبيوتر التناظرى .

وبالاضافة الى العمليات الحسابية العادية فان الكمبيوتر الرقمى يمكنه أن يقوم بعدد من العمليات « المنطقية » . وكما سبق أن ذكرنا يقوم الكمبيوتر الرقمى فى عمله بخطوات متتابعة ، بخلاف الكمبيوتر التناظرى الذى يعالج كل « القيم » التى تلقن له فى وقت واحد .

ويكون تلقين الأوامر والبيانات للكمبيوتر الرقمى الحديث فى شكل سلاسل من النبضات الكهربية بنظام معين ، يتوقف على « اللغة » التى « يخاطب » بها كما سيأتي فيما بعد . وينشأ من هذه النبضات سلاسل من نبضات أخرى تؤدى الى النتيجه المطلوبة .

وتفسير الفقرة السابقة هو أن الأوامر والبيانات تلقن للكمبيوتر الرقمى ــ باستعمال شفرة معينة ــ فى شكل « نبضات » تتخللها « فراغات » بنظام معين يتوقف على نوع الأوامر والبيانات ، ويصمم الجهاز على أساس أن ينشأ من كل أمر بعينه سلسلة خاصة من النبضات تتوقف على البيانات وعلى النتائج السابقة ، وفى النهاية نحصل على النتيجة الرقمية المطلوبة .

ويعطى الكمبيوتر الرقمى النتيجة بكل دقة ما لم يحدث فى العمليات التي يقوم بها تقريب (بسبب طبيعة العلاقات الرياضية فى المسألة المعروضه للحل) ينشأ عنه تراكم الخطأ ، وخاصة فى الأحوال التى تعاد نفس العملية على النتائج الجزئية مرات عديدة (قد تصل الى آلاف المرات). على أنه يمكن الحصول من الكمبيوتر الرقمي على أى درجة نريدها من الدقة بزيادة الوقت المخصص للحل .

وليس من النادر أن يوجد عشرون رقما فى بعض العمليات التى يقوم بها الكمبيوتر الرقمى .

وقد صنعت الكمبيوترات الرقمية الأولى بغرض حل مسائل رياضية معقدة فى الفيزياء ، ولعمل جداول اطلاق المدافع ، ولحل مسائل نشأت عند صنع القنبلة الذرية الأولى ، وقد تلا ذلك تصميم كمبيوترات أخرى لأغراض علمية وحربية مشابهة . على أنه سرعان ما ظهر أنه بالامكان استغلال الكمبيوتر الرقمى فى اغراض تجارية ، وخاصة عندما ظهر جيل جديد من هذه الكمبيوترات قليل التكاليف نسبيا ، وساعد على ذلك أنه ظهرت للكمبيوترات الرقمية فوائد جانبية كثيرة ، فالى جانب قدره هذه الآلات على حل المسائل الرياضية المعقدة التى لا يتم حل بعضها الا بعد اجراء الملايين من العمليات الحسابية ، فان هذه الآلات يمكن ان تستخدم فى تنظيم وتنقيح المعلومات ، ثم فى استرجاعها بمجرد الطلب عندما يلزم الأمر ، كما يمكن ان تستخدم فى اتخاذ القرارات المبنية على معلومات جديدة أو معلومات « مخزونة » . ومن أهم استخدامات الكمبيوتر الرقمى الكبير ما يكون فى الدراسات المبنية على « محاكاة » النظم المعقدة التى تسير فيها الأمور عشوائياً ، أى بطريقة يصعب معها التنبؤ بالنتائج ، وقد أمكن باستعمال طرق المحاكاة عمل دراسات حربية واجتماعية واقتصادية وبيولوجية ما كان يمكن ان تتم قبل اختراع الكمبيوتر .

الكمبيوتر الهجين :

قد يكون من الأفضل أو من الواجب فى بعض المواقف أن يكون العمل فى بعض أجزاء الكمبيوتر على أساس التناظر ، وفى البعض الآخر على اساس العد ، أى أن يكون الكمبيوتر « هجينا » مكونا من اجزاء تناظرية وأخرى رقمية . وفى هذه الحالة يلزم أن يحتوى الكمبيوتر على واحد على الأقل من النوعين الآتيين من المبتكرات :

أ ــ « محولات تناظرية/رقمية »(١٢) ، وهى مبتكرات تحول تغيرات الضغوط الكهربية (الناشئة من التغيرات المادية) الى ارقام .

ب ــ « محولات رقمية/تناظرية »(١٣) ،وهى مبتكرات تحول الأرقام الى تغيرات فى الضغوط الكهربية .

وعلى سبيل المثال نجد انه قد يلزم فى بعض الصناعات أن يتأثر الكمبيوتر بالتغيرات غير المرغوبة فى عملية الانتاج ، وأن يعطى نتيجة لذلك « أمرا » بالتعديل اللازم فى سير العمل . هنا نجد أن كلا من التلقين واعطاء النتيجة يكون على أساس التناظر . فاذا كان يرى أن يكون الحساب فى الكمبيوتر على أساس رقمى فانه فى هذه الحالة قد يحتوى الكمبيوتر المستعمل على الاجزاء الآتية:

أ ــ اداة تلقين تناظرية　　　ب ــ محول تناظرى/رقمى

جـ ــ قسم للحساب على أساس رقمى　　　د ــ محول رقمى/تناظرى .

★ ★ ★

٣ ــ تصنيفات أخرى للكمبيوتر

اذا قسمنا الكمبيوترات حسب الفرض الذى اعدت من أجله (بصرف النظر عن نوعها القائم على أساس التقسيم السابق ذكره) نجد أن هناك صنفين من الكمبيوترات هما :

١ ــ الكمبيوترات ذات الفرض الخاص(١٤) التى لا يستخدم الواحد منها الا للفرض الذى انشىء من أجله .

٢ ــ الكمبيوترات ذات الفرض العام(١٥) التى يستخدم الواحد منها فى أغراض متعددة .

ومن الكمبيوترات ذات الفرض الخاص تلك التى توجد فى المصارف لبيان أرصدة العملاء ، أو التى تستخدم فى مكاتب الطيران لبيان وجود مقاعد خالية وحجز هذه المقاعد فى مكاتب للشركات قد توجد فى أقطار أو قارات مختلفة ، أو التى تستعمل مع الجيوش لتصحيح اتجاه اطلاق المدافع ، أو التى توجد فى العيادات الطبية الكبرى لتشخيص مرض بمعلومية اعراضه والتاريخ المرضى للمريض .

ويكون الكمبيوتر التناظرى ذا غرض خاص فى الغالب .

أما الكمبيوتر الرقمى فانه يكون ذا غرض خاص أو عام .

ويقابل حصر فائدة الكمبيوتر ذى الفرض الخاص فى نطاق ضيق أن اعطاء الأوامر اليه يكون عملية بسيطة لا تستلزم وقتا تقريبا ، بالاضافة الى قلة تكلفة انشائه نسبيا .

---

(12) analog/digital converters　　(13) digital/analog converters

(14) special purpose computers　　(15) general purpose computers

وتنقسم الكمبيوترات الرقمية ذات الفرض العام الى فئتين هما :

أ ــ الكمبيوترات العلمية(١٦) .

ب ــ كمبيوترات الأعمال(١٧) .

وتصمم الكمبيوترات العلمية على أساس امكان الاستجابة للعديد من الأوامر المختلفة اللازمة لحلول المسائل العلمية بأنواعها ، بينما تصمم كمبيوترات الأعمال على أساس الاستجابة لعدد قليل نسبيا من الأوامر المختلفة مع وجود مقدار كبير من البيانات . وبذلك يختلف عدد الأوامر المنوعة التى يمكن للكمبيوتر أن ينفذها حسب الفئة التى ينتمى اليها . ويتراوح هذا العدد عادة بين ١٦ أمرا و ٢٥٦ أمرا مختلفا .

وبرغم هذا التقسيم للكمبيوترات الرقمية ذات الفرض العام الى فئتين فانه من الممكن استخدام الكمبيوترات العلمية لأغراض الأعمال . على أنه من الوجهة الاقتصادية يحسن استخدام كمبيوترات الأعمال لهذه الأغراض .

ومن الممكن أن تستخدم كمبيوترات الأعمال فى أعمال المحاسبة وفى بعض الادارات الحكومية ، وفى أعمال الشركات .

على أن هذا لا يجب أن ينسينا أن هناك كمبيوترات رقمية ذات غرض خاص تستطيع القيام ببعض هذه الأعمال . فهناك مثلا كمبيوترات رقمية خاصة لأعمال المحاسبة ، وأخرى خاصة لحجز المقاعد فى شركات الطيران ، وهكذا .

وقبل أن ننتقل الى نقطة أخرى يحسن بنا أن نميز بين « الأعمال » و « علم ادارة الاعمال » الذى تطور فى السنوات الأخيرة تطورا كبيرا جدا باستخدام الطرق الرياضية الكمية والمنطقية . ومن المسائل المستحدثة فى هذا العلم انواع تحتاج الى استعمال كمبيوتر رقمى علمي ذى سعة تخزين كبيرة جدا .

٤ ــ البرامج(١٨) ولغات الكمبيوترات

« البرنامج » هو مجموعة الأوامر التى تبين للكمبيوتر جميع الخطوات التي يلزم تأديتها بترتيب معين لحل مسألة معينة ، ويجب أن تكون كل التفاصيل الدقيقة موجودة وصحيحة . وعندما يضع كل من شخصين برنامجا لحل نفس المسألة فان البرنامجين يكونان مختلفين عادة .

وتختلف المدة اللازمة لوضع البرنامج من مسألة الى أخرى ، فقد يستلزم وضع البرنامج من شخص مدرب أسابيع أو أشهرا ، وربما احتاج وضع برنامج الى عمل فرقة بأكملها مدة سنة كاملة .

وهناك قول شائع أن فى كل برنامج خطأ على الأقل ، والمقصود هنا طبعا هو البرنامج عند وضعه لأول مرة وقبل تجربته .

---

(16) scientific computer (17) business computer (18) programs

وكلامنا هنا يدور حول البرامج التي تعدللكمبيوتر الرقمي ذى الفرض العام ، أى المعد لحل أنواع مختلفة من المسائل . أما الكمبيوتر ذوالفرض الخاص فانه يكون مصمما بحيث لا يحتاج الا الى أمر بالبدء مع اعطاء البيانات اللازمة . و« يخاطب » الكمبيوتر الرقميباستعمال رموز تبعا لشفرة خاصة تتوقف على تصميم الكبيوتر تسمىلفة الكمبيوتر ، على أنه نظراً لصعوبة استعمال لفة الكمبيوتر الأصلية فانه قد اخترعت لفـاتكثيرة تكتب بها البرامـج وتلقن الى الكمبيوتـر فيترجمها الى لفته الخاصـة وذلك باسـتعمالبرنامج معد لذلك يختلف من كمبيوتر الى آخر .

وسوف نعطى فيما بعد شيئا من التفاصيلفى هذا الموضوع . (انظر تذييل ١) .

٥ ــ نظم الكمبيوتر(١٩)

قد يكون الكمبيوتر جـزءا مـن « نظام »يحتوى على آلات أخرى متصلة بعضها بالبعض الآخر ، وربما كان بعض هذه الآلات كمبيوتراتأخرى . وبقولنا « نظام كمبيوتر » نقصد مجموعة من الآلات المختلفة التي يؤدى فيها كمبيوتر معيندورا جزئيا . وسنتكلم فيما يلى عن بعض النظم المختلفة .

نظم كمبيوتر الوقت الحقيقي (٢٠) :

يستطيع الكثير من الكمبيوترات أن يصلالى القرارات فى أجزاء من ألف من الثانية بعـد تلقينها الأوامر والبيانات . وفى كثير من الأحياننجد أن هناك عددا كبيرا من المسـائل المطلوب عرضها على الكمبيوتر ، ويكون عرضها عليه ممـايستدعي انتظار كل مسألة حتي يحين دورها ، ولكن هناكمن المواقف ما يستدعي أن يكونالتلقينبدون انتظار ، حيث أنه يلزم اعطاء النتيجة فى الحـال .

ومنهنا نشأ نوع جديد مننظمالكمبيوترات،الفرض منه التحكم فى بيئة معينة ، وذلك بتلقي الاوامر بدون انتظار الدور ، واعطـاء النتيجـةالمطلوبة بالسرعة الكافية للتأثير الأمثل فى البيئة . والنظم من هذا النـوع تسمى « نظم كمبيوترالوقت الحقيقي » .

وفى هذه النظم يكون الكمبيوتر عن بعد فىالفالب ويكون تلقين المعلومات بطرق مختلفة منها استعمال أزرار متصلة بالآلة . وبعد مرور وقتوجيز ــ يسمى وقت الاستجابة ــ يتلقى العامل الاجابة المطلوبة . وقد يكون هذا الوقت بعضأجزاء من ألف من الثانية كما فى استعمال الرادار، أو نحو ثانيتين كما فى نظم حجز مقاعد الطيران ،أو نصف دقيقة كما فى نظم الرقابة على المخازن ، أو خمس دقائق كما فى نظام الرقابة فى مصنعورق .

نظم الوقت المشترك (٢١) :

يميل الاتجاه فى المراكز الصناعية والعلميةوالتجارية الكبيرة فى الدول الصناعية الكبرى الى اقامة نوع من الكمبيوتـرات الرقميـة يتصـلبالواحد منها عدد من العملاء لكل منهم نقطة تحكم

---

(19) computer systems (20) real-time computer systems

(21) Time-sharing computer systems

مستقلة فى مقر عمله يعطى منها الاوامر والبيانات ويتلقى فيها الاجابات . وهذه النظم التي يخدم فيها عدد من العملاء فى وقت واحد تسمى نظم « الاشتراك فى الوقت » .

ومن الأمثلة على هذه النظم نذكر نظاما (٢٢) لشركة جنرال الكتريك الأميركية مصمماً لعمليات الاشتراك فى الوقت على نطاق واسع ، وفى هذا النظام يمكن لثلثمائة فرد أن يستخدموا الكمبيوتر فى نفس الوقت ، ويمكن لاكثر من ألف « نهاية » (٢٣) أن توصل بالنظام .

ويمكن للكمبيوتر فى هذا النظام ان يتسجيب فى أجزاء من الف من الثانية ، وأن يجيب بصوت مسموع على انواع من الاسئلة ، وان يحل المسائل البسيطة ، كما يمكنه أن ينفذ عمليات طويلة كاملة بالطريقة التقليدية للكمبيوترات العادية .

ويحتوى هذا النظام للاشتراك فى الوقت على مبتكرات مختلفة السرعة منها كمبيوترات رقمية صغيرة ، وآلات طباعة (تايبريتر) تكتب عن بعد ، ومبتكرات للعرض المرئي ، وكمبيوترات تناظرية .

٦ ــ عباقرة الكمبيوتر الرقمى

يجمع الكتاب على أن للكمبيوتر الرقمي جد هو الرياضي الانجليزى « تشالز بابدج » (٢٤) ، وأب هو الرياضي الهتغارى المولد « جون فون نويمان » (٢٥) . وبجانب هذين العبقريين هناك الفيزيائي الأمريكي « هوارد ايكن » (٢٦) الذى كان له الفضل فى صنع أول كمبيوتر رقمي . وسنورد فيما يلي شيئا عن حياة كل من بابدج وفون نويمان ودورهما فى اختراع الكمبيوترات الرقمية، وكذلك شيئا عن دور ايكن فى ظهور الكمبيوترات الرقمية الى حيز الوجود .

تشارلز بابدج (١٧٩٢ ــ ١٨٧١) :

ولد تشارلز بابدج، الذى يعتبر جَدّ الكمبيوترات الرقمية ، فى ديفونشير بانجلترا ، وتلقى فى صغره تعليما غير منتظم، على أنه قام بتعليم نفسه الرياضيات الى درجة أنه عندما ذهب الى كمبردج للالتحاق بالجامعة وجد نفسه أكثر علما بالجبر من المترف الذى وكل أمره اليه . وقد رفض بابدج التقدم لامتحانات كمبردج للحصول على درجة الشرف فى الرياضيات ، وكان هذا خطأ منه ، على انه مع ذلك اختير فى سنة ١٨٢٨ أستاذا للرياضيات فى الكرسى (٢٧) الذى كان يشغله نيوتن فى القرن السابع عشر ، وقد احتفظ بابدج بهذا المنصب احد عشر عاما دون أن يعطى محاضرة واحدة فى الجامعة .

وفى أحد ايام سنة ١٨١٢ كان بابدج جالسا فى مكتبه فى « الجمعية التحليلية » (٢٨) ينظر الى جدول لوغاريتمات ، يعلم أنه مليء بالأخطاء ، عندما خطرت له فكرة حساب الجداول الرياضية باستخدام الآلات ، وكان بابدج وقتئذ يستعرض فى ذهنه عملا كان قد تم فى فرنسا . فقد كانت الحكومة الفرنسية قد قامت بعمل جداول رياضية عديدة بطرق جديدة بأن وضع ثلاثة أو اربعة رياضيين فرنسيين طريقة حساب الجداول، وقام ستة آخرون بتقسيم العمليات الى خطوات

(22) GE-645 (23) terminal (24) Charles Babbage (25) John von Neumann
(26) Howard Aiken (27) Lucasian Chair of Mathematics (28) Analytical Society

بسيطة لا تحتوى الا على عمليات الجمع والطرح ،ثم قام بأداء هذه الخطوات ثمانون شخصا لا يعلمون من قواعد الحساب سوى الجمع والطرح . وقد جعل ذلك بابدج مأخوذا طول الوقت بفكرة أن الآلات يمكنها أن تقوم بأعمال مثل هؤلاء الرجال غير المدربين وبطريقة أسرع وأكفأ ، واذ ذاك قام بعمل نموذج لآلة مبنية على فكرة رياضية بسيطة(فكـرة جداول الفـروق) وعرضها فى سـنة ١٨٢٢ فقوبلت بحماس عظيم مما جعله يفكر فى انشاء آلة أكبر كثيراً ، وقد عضدت « الجمعية الملكية » (٢٩) المشروع وقابل وزير المالية بابدج ووعده بمنحة يدفع منها تكاليف الانشاء ، كمـا اقامت الحكومة مبنى يؤدى فيه العمل .

وبينما كان العمل متوقفا لمدة عام سـنة ١٨٣٣ خطرت لبابدج فكرة آلته « التحليلية »(٣٠) التي كان يرى أنها اكثر قدرة بكثير من آلة «الفروق» وأنها سيمكنها القيام بالعمليات الحسابية من أى نوع . على أنه بينما كانت تصميماته للآلة تتضمن جميع الأفكار الرئيسية فى الآلات الحاسبة الرقمية الحديثة الا أن حالة التكنولوجيا فى عصره لم تكن تجارى أطماعه فى بناء الآلة الكبيرة الحجم والقدرة التى صممها ، فلم يتمكن من اتمام صنعها أبدا ،وفى سنة ١٨٤٢ توقفت الحكومة عن مده بالمال . على أن ابنه هنرى الذى كان ضابطا فى الجيش البريطاني أخذ يحاول اتمام عمل أبيه بعد موتـه وبنى قسماً من الوحدة الحسابية قامت بطبـع النتائج على الورق مباشرة .

ومن الأفكار الرئيسية التي أدخلها بابدج استعمال البطاقات المثقبة فى تلقين المعلومات للآلة ، فقد كان عليه أن يجد طريقة آلية للتحكم فى عمليات الآلة وفى تقديم الأعداد فى صورة « تفهمها » . وقد وجد الحل لهذه المشكلة فى البطاقة المثقبة التي كان الفرنسي جاكار (٣١) قد اخترعها سنة ١٨٠١ للتحكم فى أنوال النسيج .

(بعد وفاة بابدج بنحو عشرين عاما اخترع الدكتور هرمان هولرث (٣٢) ـ الذى كان مشرفا على تعدادات السكان فى الولايات المتحدة ـ طريقة تسجيل البيانات بعمل ثقوب فى البطاقات ، ثم اخترع سلسلة من الآلات لفرز وتحليل البيانات المسجلة بها) .

هوارد ايكن :

بينما كان هوارد ايكن يقوم بأبحاثه فى سنة ١٩٣٧ للحصول على الدكتوراه فى الفيزياء مـن جامعة هارفارد فى الولايات المتحدة فكر فى صنع آلة حاسبة يستخدمها فى حل المسائل العددية ، وقد اخترع آلة بسيطة لذلك ثم طورها لكي تحل مسائل أكثر تعقيدا ، وفى أثناء ذلك كله فكر فى صنع آلة حاسبة ذات غرض عام يمكنها أن تحـل مسائل من أنواع مختلفة ، وبالاتفاق مع شركة آى بي ام(٣٣) صنع كمبيوتراً رقمياً ذا غرض عام أطلق عليه اسم « مارك ١ »(٣٤) وأقيم فى جامعة هارفارد فى سنة ١٩٤٤ .

وقد كانت هذه الآلة التي استغرق صنعها خمس سنوات أول كمبيوتر رقمي تـم صنعه ، ولكن بالرغم من أنها كانت آلة ميكانيكية كهربية فانها لم تحرز تقدماً محسوساً فى تصميمها المنطقى على آلة بابدج الميكانيكية ، ويختلف الكتاب فى تحديد الوقت الذى علم فيه ايكن بأفكار بابدج ، فبعضهم يقول انه لم يعلم بها الا بعد اتمام تصميمه لآلته ، وبعضهم يقول ان هناك ما يوحى بأن أفكار بابدج هى التى اوحت بتصميم الآلة « مارك ١ ».

---

(29) Royal Society (30) Analytical Machine (31) Joseph-Marie Jacquard
(32) Dr. Herman Hallerith (33) International Business Machines (IBM) (34) MARK 1.

على أن الاستاذ ايكن اكتسب سمعة كبيرةباتمام صنع هذا الكمبيوتر وبما أداه بعد ذلك فى مجال تصميم الآلات الأكثر تقدما ، وعندما عقد« المؤتمر الدولي لمعالجة المعلومات » تحت رعاية اليونسكو فى ١٥ ــ ٢٠ يونية ١٩٥٩ بباريس عقدت له رئاسة المؤتمر .

جون فون نويمان (١٩٠٣ ــ ١٩٥٧) :

عندما توفى العالم الرياضي ــ الهنغارى المولد ــ جون فون نويمان فى وشنطون بالسرطان فى أوائل سنة ١٩٥٧ كتبت النيويورك تايمز تقول عنه :

« لقد عرف بأنه الرائد العالمى فى تطوير وصناعة الآلات الحاسبة العالية السرعة .. التي جعلت فى الامكان حل مسائل كانت تحتاج بدون هذه الآلات الى أعمال عدد كبير من الناس لحلها »

ولد فون نويمان فى بودابست وحصل على الدكتوراه فى الرياضيات فى سن الثالثة والعشرين ثم سافر فى عام ١٩٣٠ الى أمريكا ليعمل فى جامعة برنستون ، وفى خلال ثلاث سنوات حقق لنفسه مكانة بين أعظم الرياضيين . وتلا ذلك تعيينه فى معهد الدراسات العليا فى برنستون . وأصبح ، مع أينشتين ، واحدا من أوائل أعضائه الدائمين .

كان فون نويمان متعدد المواهب ، فقد قام فى أوائل سنوات عمله باضافات عديدة فى علم ميكانيكا الكم ،وكان كذلك ممهدا فى المنطق الرياضى لطريق جودل (٣٥) وقام بادخال علم جديد هو علم « استراتيجية الألعاب » عندما اشترك مع العالم الاقتصادى الكبير أوسكار مورجنسترن (٣٦) فى تأليف كتاب « نظرية الألعاب والتصرف الاقتصادى» (٣٧) الذى ظهر سنة ١٩٤٤ .وترفعه أعماله فى هذا الكتاب وحده الى منزلة نيوتن .وفى أثناء الحرب العالمية الثانية دعته الحكومة البريطانية للقيام بأبحاث فى مجال الأرصاد الجوية وصناعة الطائرات .

وفى سنة ١٩٤٥ أحدث أكبر قفزة فى صناعة الكمبيوترات عندما اقترح تخزين البرامج داخل الآلة بدلا من استعمال لوحة سدادات (٣٨) وأسلاك للتحكم من الخارج ، وقد أوضح فى نفس الوقت ان تصميم الكمبيوتر على أساس استخدام النظام الثنائي للأعداد (الذى لا يستخدم فيه من الأرقام غير الصفر والواحد والذى سنقوم بدراسته فيمابعد) يوفر قدرا كبيرا من التجهيزات اللازمة للآلة . وبالاستعانة بآخرين من ذوى الكفاءة قام بتصميم سلسلة من الكمبيوترات الرقمية على الأساس الجديد ، ولم يترك أدق التفاصيل فى تصميم الدوائر الالكترونية . وقد أدت أفكاره فى مجال تصميم الكمبيوترات الرقمية الى أن الكتاب أصبحوا يقسمون تاريخ هذه الآلات الى عهدين : عهد ما قبل فون نويمان، وعهد ما بعد فون نويمان، فبفضل التخزين الداخلي للبرامج يمكن للآلة أن تعالج الأوامر حسابياً و « منطقيا » وبذلك يكون لها القدرة على أن تغير وتعدل الأوامر التي تعطى لها مما فتح آفاقا جديدة واسعة للمرونة والتحكم الذاتي فى الكمبيوتر .

وفى سنة ١٩٥٥ أصبح فون نويمان عضوا فى لجنة الطاقة الذرية الأمريكية وحصل على جائزة فرمي (٣٩) وقدرها خمسون ألف دولار .

---

(35) Kurt Goedel (36) Oscar Morgenstern (37) " Theory of Games and Economic Behavior." (38) plugboard (39) Fermi

٧ ـ الكمبيوترات الرقمية الأولى

لم يكن من الممكن انتاج الكمبيوترات الرقمية الأولى بالجملة . فالكمبيوتر الأول الذى صممه ايكن كان « نسخة » واحدة لم تتكرر وقد أعطى له اسم خاص به لا يطلق على أى آلة اخرى .

وكذلك كان كل من الكمبيوترات الرقمية الأولى مختلفا فى تصميمه عن الكمبيوترات الآخرى وله اسمه الخاص به . ولم يحدث انتاج الكمبيوترات بنسخ متعددة على أساس نفس التصميم الا عندما أصبح ذلك اقتصاديا بتقدم التكنولوجيا .

وبالاضافة الى ما ذكرناه عن الكمبيوتر « مارك ١ » الذى صممه ايكن فاننا سنورد فيما يلي شيئا عن تاريخ بعض الكمبيوترات الأولى ذات النسخة الواحدة، ثم عن بداية ظهور الكمبيوترات التى صنعت لأغراض تجارية .

الكمبيوتر « انياك » (٤٠) :

بالاضافة الى الكمبيوتر « مارك ١ » تم صنع عدد من الآلات الحاسبة الالكترونية فى المدة ١٩٣٨ ــ ١٩٤٤ ، كما كان عدد آخر غيرها فى دور التصنيع ، على أن أول تقدم تكنولوجي على « مارك ١ » كان بصنع الكمبيوتر « انياك » . فمع أن هذا الكمبيوتر لم يكن له تفوق « منطقي » محسوس على « مارك ١ » الا أنه كان أول كمبيوتر الكتروني . .

وقد صنع الكمبيوتر « انياك » فى مدرسة مور (٤١) للهندسة الكهربية فى جامعة بنسلفانيا ، وكان الغرض من صنعه عمل جداول رياضية لازمة لاطلاق قذائف المدفعية ، وصمم الآلة الدكتور اكرت (٤٢) والدكتور موشلي (٤٣) من مدرسة مور بالتعاون مع الميجور جولدستين (٤٤) من مدفعية الجيش الأمريكي ، وقد التحق بهذا الفريق أفراد عديدون ، وكان مصممو الآلة من الشباب ، فقد كان جولدستين فى الثانية والثلاثين من عمره ، وكان اكرت فى العشرينات الأولى ، وبعد ثلاث سنوات من العمل تم صنع الآلة فى صيف ١٩٤٦ ، وقد كانت التكنولوجيا الهندسية فى أطوارها الأولى وقت صنع الآلة ، وكان معدل احتراق الصمامات الالكترونية كبيرا ، وكانت الآلة تحتوى على ١٨٠٠٠ صمام الكتروني (٤٥) (مع ١٥٠٠ متابع كهربي) ، ولم تكن تستطيع أن تعمل بكفاءة مالم تكن كل هذه الصمامات صالحة، ومع ذلك نجحت الآلة، وكان من أولى المسائل التي أعطيت لها مسألة معقدة فى الفيزياء النووية فقامت بحلها فى ساعتين ، ولو كان هذا العمل قد وكل الى مائة شخص للزمهم سنة كاملة ، وقد أمكن لهذه الآلة حل العديد من المسائل التي تراكمت اثناء الحرب العالمية الثانية .

على أنه كان يعيب هذه الآلة ــ بمقياس الكمبيوترات الحاضرة ــ انه لحل كل مسألة جديدة كان يلزم الاعداد اليدوى لتوصيلات كهربية تلائم هذه المسألة ، وكان فى ذلك تقييد للدور « المنطقي » للآلة . .

---

(40) ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator).

(41) The Moore School of Engineering. (42) J. Presper Eckert (43) John Mauchly

(44) Herman Goldstine (45) vacuum tube (electronic valve)

وفي سنة ١٩٤٤ كان فون نويمان يعمل مستشارا لجماعة تعمل في مشروع القنبلة الذرية في لوس الاموس عندما سمع ، بطريق الصدفة تقريبا ، بنبأ مشروع الآلة الحاسبة التي كان يجرى اعدادها في مدرسة مور للهندسة الكهربية بجامعة بنسلفانيا . ولما كان مشروع القنبلة الذرية يحتاج الى اجراء أعداد هائلة من العمليات الحسابية فقد عمل بالتعاون مع الميجور جولدستين ومع بيركس (٤٦) من جامعة متشجان في دراسة الموضوع . ونتيجة لهذه الدراسة صدرت سلسلة من التقارير قدمها فون نويمان ، وقد تضمنت هذه التقارير الأفكار الاسياسية التي أدخلها فون نويمان والتي سبق الاشارة اليها. (وقد بين فون نويمان في أحد هذه التقارير أنه بينما كانت الآلة « انياك » تعمل بواسطة ١٨٠٠٠ صمام الكتروني باستخدام النظام العددى العشرى فانه باستخدام النظام العددى الثنائي كان يكفي نحو ٣٠٠٠ أو ٤٠٠٠ صمام) .

وفي سنة ١٩٤٧ اقترح فون نويمان طريقة لتحويل « انياك » الى آلة ذات تخزين داخلي وقام بالدور الرئيسي في تصميم أدق التعديلات اللازمة . وهكذا أصبحت الآلة « أنياك » أول كمبيوتر ذا تخزين داخلي ــ بالاضافة الى كونها أول كمبيوتر الكتروني .

الكمبيوتر « ادفاك » (٤٧) :

في أحد التقارير الأولى التي قدمها فون نويمان بشأن الآلات الحاسبة الالكترونية نتيجة لدراسات تمت سنة ١٩٤٥ جاء تعريف بآلة مقترحة أطلق عليها اسم « ادفاك » . وفي سنة ١٩٤٦ ظهر تقرير آخر ، بالاشتراك مع جلدستين وبيركس ، وفيه تفصيلات أكثر ، وقد قام اكرت وموشلي بتصميم تجهيزات الآلة « ادفاك » التي تم صنعها في مدرسة مور أيضا في سنة ١٩٥٠ . وكانت أول كمبيوتر الكتروني يتم صنعه في أمريكا على أساس التخزين الداخلي منذ البداية وعلى أساس النظام العددى الثنائي . وكان يمكن لهذه الآلة تخزين ١٠٢٤ « كلمة » كل منها مكون من ٤٤ رقما ثنائيا ، اى صفرا أو واحدا .

الكمبيوتر « ادساك » (٤٨) :

كان تقرير « ادفاك » حافزا لتصميم اثنتين من الآلات الحاسبة الالكترونية في انجلترا ، وقد بدأ العمل في صنع احدى الآلتين في أوائل سنة ١٩٤٧ في المختبر الرياضي بجامعة كمبردج وأطلق عليها اسم « أدساك » وقد قامت هذه الآله بأول عملية حسابية في مايو ١٩٤٩ ، وهكذا كانت « ادساك » أول آلة تم صنعها على أساس افكار فون نويمان .

وقد أشرف على صنع هذه الآلة الأستاذ ويلكس (٤٦) (الرئيس الحالي للمختبر الرياضي بجامعة كمبردج) الذى اشتهر اسمه كواحد من أكبر مصممي الآلات الحاسبة الالكترونية في انجلترا .

الفترة التالية :

تلا ظهور الانياك والادفاك في أمريكا والادساك في انجلترا ظهور سيل من الآلات الحاسبة الرقمية على أساس افكار فون نويمان ، وجاء اختراع الترانسستور سنة ١٩٤٨ عاملاً جديدا في

(46) Arthur W. Burks (47) EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer

(48) EDSAC (Electronic Delayed Storage Auotomatic Computer) (46) M. V. Wilkes

التكنولوجيا ، وفى السنوات الوسطى من الخمسينات ظهرت كمبيوترات تستعمل الترانسستورات بدلا من « الأنابيب المفرغة »(التى كانت تستخدم كصمامات فى الآلات الالكترونية السابقة) مع عدم تغيير الأساس المنطقي لتصميم الكمبيوتر . وفى البداية كان صنع الآلات من النوع الجديد لخدمة الأغراض الحربية التي كان يهمها صغر حجم الآلة وخفة وزنها .

وفى الخمسينات الأخيرة ظهرت حاسبات الترنسستور للاغراض التجارية (مثل هانيول ٤٠٠ ، ٨٠٠ (٤٧) ومثل آى.بي.ام ٧٠٤) ، (٤٨) وتلا ذلك فيض من الطرازات المختلفة من صنع شركات عديدة .

وفى الستينات ادخلت« الدوائر المتكاملة»(٤٩)فى صناعات الكمبيوتر ، وتحتوى الدوائر من هذا النوع على عدد كبير من المبتكرات الالكترونية والكهربية العادية وكلها موجودة فى مساحة ضيقة جدا ، وبذلك أمكن صنع كمبيوترات الكترونية رقمية غاية فى الصغر ، والعامل الأساسي الذى يحد من الحجم الأدنى للكمبيوتر هو وسائل التلقين واستخراج النتائج من الآلة ، حيث أن الانسان لا يستطيع استعمال الآلات اذا نقص حجمها عن حد معين .

على انه لن يكون بعيداً ذلك اليوم الذى يحمل فيه الانسان كمبيوتراً رقمياً الكترونيا كاملاً فى محفظة جيبه ، ولا يستطيع المرء ان يتنبأ بما ستتمخض عنه التكنولوجيا فى مجال صناعات الكمبيوتر ، والأغلب أن ما سيستجد سيكون سابقا للحلم فى كثير من الأحيان .

٨ ــ النظم العددية :

فى تاريخ الأرقــام :

اننا متعودون على النظام « العشرى » للعد، فعندما نصل الى العدد « عشرة » نبدأ من جديد فنقول « أحد عشر » قاصدين واحداً بعد العشرة الأولى ، ونتبع ذلك بقول « اثناء عشر » ، واذا قلنا مثلا خمسة وثمانون فاننا نقصد ثماني عشرات وخمس مفردات ، وعندما نصل الى عشر عشرات نقول مائة ، وعندما نصل الى عشر مئات نقول الف . . وهكذا . .

وليس النظام العشرى للعد نظاماً عاما لا يستخدم الناس غيره ، فالهنود الحمر يستخدمون نظاماً « خمسيا » . فبعد أن يصلوا الى العدد « خمسة » يقولون « خمسة وواحد » ثم « خمسة واثنان » ، وهكذا . . والاستراليون الأصليون يستخدمون نظاما ثنائيا غير كامل ، فبعد أن يصلوا الى اثنين يقولون « اثنان وواحد » ثم « اثنان واثنان » . على أنهم يقولون « كثير » اذا زاد العدد عن ذلك .

وقد علل ارسطو استخدام النظام العشرى بأن الناس كانوا يستخدمون أصابع اليدين فى العد ، ولو كان أرسطو يعلم بأمر الهنود الحمر واستخدامهم للنظام الخمسي لعلل ذلك بأنهم يستعملون اصابع يد واحدة . أما الاستراليون الأصليون فالاغلب انهم يستخدمون اليدين دون الأصابع فى العد .

---

(47) Honeywell 400 and 800 (48) IBM 704 (49) integrated circuits.

ولكل نظام عددى « أساس » . فنظامنـــاالعددى أساسه عشرة ، ونظام الهنود الحمـــر أساسه خمسة،ونظام الاستراليين الأطليين أساسه اثنـــان .

وليست العشرة أكبر أساس مستعمل للعد، ففي بعض الصناعات فى الخارج نجد أن الأساس المستعمل هو « الدرزن » (٥٠) (الدستة) أى اثنا عشر فيقال مثلا « درزنان وأربعة » يليهـــا « درزنان وخمسة » وهكذا ، والدرزن من الدرازن تسمى « جروسة » (٥١) ، والدرزن من الجروسات تسمى « جروسة كبيرة » (٥٢) ، أما لماذا يفضل الأساس الدرزني فى تلك الصناعات فذلك لأنــه يمكن تقسيم الدرزن بدون باق الى نصفين ، أو ثلاثة أثلاث ، أو أربعة أرباع ، أو ستة أسداس ، بينما لا يمكن تقسيم العشرة بدون باق الا الى نصفين اوخمسة أخماس ، ولو أن الناس خلقوا بســـتة أصابع فى كل يد فمن المؤكد أنهم ماكانوا فكروا فى النظام العشرى ، ومن الراجح أنهم كانوا استعملوا النظام الدرزني فى حياتهم اليومية .

والرموز التي استخدمها الناس فى الماضي لتدوين الأعداد تختلف باختلاف المكان والزمان ، فالمصريون القدماء رمزوا للواحد بخط رأسى ، وللاثنين بخطين رأسيين ، وهكذا حتى العدد ٩ الذى رمزوا له بتسعة خطوط ، اما الأعداد عشرة ومائـــة والـــف وعشرة آلاف ومائـــة الف فقـــد استخدموا رمزا خاصا لكل منها ، واذا وضعوا شيئا من الرموز بجوار بعضها البعض فان العدد الناتج يساوى مجموع قيم الرموز ، وفيما يلي بعض الأمثلة .

العدد	١	٢	٣	١٠	٢٣
الرمز عند قدماء المصريين	١	١١	١١١	∩	∩∩١١١

وقـــد اتبع الرومان نفس الطريقة بتحوير بسيط ، فاستخدموا رمزا لكل من الواحد ، والخمســـة ، والعشـــرة ، والخمسين والمائـــة والخمسمائة ، والألف ، واذا جاء رمز الى يسار رمز أكبر منه كانت قيمة العدد الذى يدل عليه الرمزان معا تساوى الفرق بينهما ، وفيما عدا ذلك نحصل على قيمة العدد كله بالتجميع . وفيما يلى بعض الأمثلة :

العدد	١	٢	٥	٤	٧	٢٦	١٠٠٠	٩٠٩
الرمز الرومانى	I	II	V	IV	VII	XXVI	M	CMIX

ولقـــد بقي الأوربيـــون يستعملون الرمـــوز الرومانية للأعداد حتى نقلوا الأرقام الهندية عن العرب وسموها « الأرقام العربية » ، وأقـــدم مخطوط أوربى معروف يحتوى على تلك الأرقام كتب فى اسبانيا سنة ٩٧٦ ميلادية .

ولم يكن رمز الصفر موجودا فى مبدأ الأمر فى الأرقام الهندية ، كما أن شكل تلك الأرقام تغير من مكان الى مكان ومن زمان الى زمان . وربما جاء ادخال رمز الصفر فى القرن التاسع الميلادى . وكان هذا الرمز على شكل دائرة . وكان العرب يكتبونه بهذا الشكل ونقلوه الى أوربا بصورته الهندية ، وما زال عرب المغرب يكتبونه بالشكل الدائرى الى الآن . على أن عرب المشرق استعملوا النقطة بدلا من الدائرة عندما حدث اللبس بينه وبين رقم الخمسة الذى كان يشبه عندهم قلبا قمته الى أعلى .

---

(50) dozen (51) gross (52) great gross

والميزة الحقيقية للأرقام الهندية هي اختلاف القيمة التي يدل عليها الرقم باختلاف موضعه ، اى منزلته من العدد ، فالرقم ٤ يدل على أربعة في المنزلة الأولى ، ولكن على أربع عشرات في المنزلة الثانية، وعلى أربع مئات في المنزلة الثالثة ، وهكذا . ويحافظ على المنازل بادخال الصفر ان لزم الأمر ، فمثلا نكتب ٤٠٥ حيث يكون لدينا اربع مئات وخمس مفردات بدون وجود عشرات بجانب ذلك .

والنتيجة انه بفضل الهنود والعرب أصبح لدى الناس الآن عشرة أرقام مختلفة هى : ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، ٩ ، ٠ ، ومن هذه الارقام يمكن ان نرمز لأى عدد صحيح . فمثلا :

٨٠٧٥٦ = (٦ × ١) + (٥ × ١٠) + (٧ × ١٠٠) + (٠ × ١٠٠٠) + (٨ × ١٠٠٠٠)

أو ٨٠٧٥٦ = ٦ + ٥ × ١٠ + ٧ × $١٠^{٢}$ + ٠ × $١٠^{٣}$ + ٨ × $١٠^{٤}$

ولقد ادى ادخال الأرقام الهندية العربية الى تسهيل العمليات الحسابية الى حد انها اصبحت لعبة اذا قيست بالصعوبات التى كان يعانيها الأقدمون فى حساباتهم . ولكى يدرك القارىء مقدار تلك الصعوبات فليحاول مثلا أن يقوم بعملية ضرب ٢٨٤ فى ٢٨٢٧ باستخدام الرموز اللاتينية لهذه الأعداد وهى : MMDCCCXXVII , CCLXXXIV .

النظام الدرزنى للأعداد :

ولنفرض ان الناس جميعا ادركوا مزايا النظام الدرزنى التى ذكرناها وارادوا التحول اليه مع الاحتفاظ بطريقة المنازل فى الكتابة ، فماذا يفعلون ؟ ان الأرقام الهندية العشرة (بما فيها علامة الصفر) لا تكفيهم وعليهم أن يضيفوا رقمين آخرين اذا كانوا ما زالوا معجبين بشكل تلك الأرقام ، وقد يحلون هذه المشكلة بكتابة (ع)رمزا للعشرة ، وكتابة (ح) رمزا للأحد عشر ، مثلا .

والآن هب ان صانعا احصى مفردات بضاعته فوجد ان لديه احدى عشر جروسة كبيرة ، وخمسة جروسات، وعشرة درازن، وثلاث مفردات أخرى، فكيف يكتب هذا العدد فى النظام الدرزنى ؟

من الممكن أن نكتب نحن بيان البضاعة كالتالى :

آحاد	درازن	جروسات	جروسات كبيرة
٣	ع	٥	ح

حيث « ع ، ح » لهما القيمتان اللتان اخترناهما لهما ، أما الصانع فانه لن يكتب السطر الأول من هذا البيان ويكتفى بكتابة ٣ع ٥ح وهو عدد درزنى مكون من أربعة ارقام ، ولكى لا يحدث لبس فاننا سنكتب هذا العدد مع بيان أساسه معه هكذا : (٣ع ٥ح)١٢ ، ومما تقدم ينتج أن :

(٣ع ٥ح)١٢ = ٣ + ١٠ × ١٢ + ٥ × $١٢^{٢}$ + ١١ × $١٢^{٣}$

حيث الأساس فى الطرف الأيسر ١٠ . وبالاختصار نجد أن العدد = ١٩٠٠٨ (عشرى)

النظام الثنائي للأعداد (٥٣) :

سبق أن ذكرنا انه فى سنة ١٩٤٥ بين نويمان ان اكفأ الكمبيوترات من جهة الاقتصاد فى تكاليف

(53) binary system

الانشاء هى ما قامت على النظام العددى الثنائي . وقد كانت الآلات السابقة مصممة على الأساس العشرى . وهذه نقطة كثيرا ما يتجاهلها الكتاب حتى أن عــدداً كبيراً مــن مستخدمى الكمبيوتر الرقمى يظنون أن الطريقــة الوحيــدة لتصميم الكمبيوتر هى أن يبنى على النظام الثنائي .

واذا كان النظام العشرى يحتاج الى الصفر وتسعة أرقام ، والنظام الدرزنى يحتاج الى الصفر واحد عشر رقما ، فان النظام الثنائي يحتاج الى الصفر والواحد فقط ، وتكون قيمة الواحد فى أى منزلة بعد الأولى ضعف قيمته فى المنزلة التى الى يمينها ، فالواحد قيمته فى المنزلة الأولى «١» وفى المنزلة الثانية « ٢ » وفى المنزلة الثالثة « ٤ » وفى المنزلة الرابعة « ٨ » وفى المنزلــة الخامسة « ١٦ » وهكذا . .

فمثلا ١٠١١ فى النظام الثنائي = ١ + ١ × ٢ + ٠ × ٤ + ١ × ٨ = أحد عشر .

وفى الجدول التالى بعض الأعداد العشرية وما يقابلها فى النظام الثنائي :

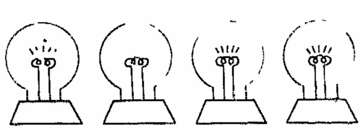
جدول (١)

عشرى	تنائي	عشرى	ثنائي	عشرى	ننائي
١	١	٨	١٠٠٠	١٦	١٠٠٠٠
٢	١٠	٩	١٠٠١	١٧	١٠٠٠١
٣	١١	١٠	١٠١٠	١٨	١٠٠١٠
٤	١٠٠	١١	١٠١١	١٩	١٠٠١١
٥	١٠١	١٢	١١٠٠	٢٠	١٠١٠٠
٦	١١٠	١٣	١١٠١	٢١	١٠١٠١
٧	١١١	١٤	١١١٠	٢٢	١٠١١٠
		١٥	١١١١	٢٣	١٠١١١
				٢٤	١١٠٠٠

والميزة الحقيقية للنظام الثنائي للأعداد هى أنه يجعل فى الامكان استخدام وسائل مادية بسيطة فى تسجيل الأعــداد واجــراء العمليات الحسابية عليها . فمن الممكن مثلا أن نعتبر المصباح المضىء ممثلاً للواحد ، والمصباح المطفأ ممثلا صفراً ، وباستخدام أربعة مصابيح يمكننا أن « نسجل » اى عدد صحيح واقع بين صفر وخمسة عشر ، ففى شكل (٣) مثلا نجد أن المصابيح تمثل العدد الثنائى ١٠١١ (أحد عشر) . لاحظ أن المصباح الثالث من اليمين مطفأ وحده .

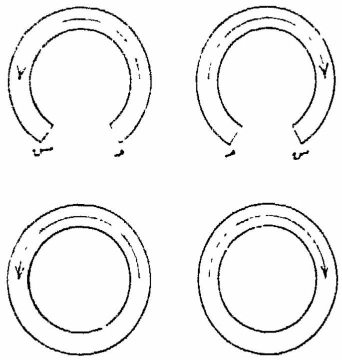
ولتمثيل العدد « ١ » نضيىء المصباح الأيمن وحده ونطفىء الباقى . ولتمثيل العدد ٢ نضيىء المصباح الثــانى مــن اليمين ونطفىء البــاقى ، وهكذا .

شكل (٣) . هذه المصابيح تمثل العدد الثنائى ١٠١١ ويساوى أحد عشر .



ولماذا اخترنا المصابيح بالذات ؟ ذلك لأن المصباح يكون على احدى حالتين : فهو امــا مضيء واما مطفأ . (ويمكن أن نختار احــدى الحالتين ممثلة للواحد ، فتكون الأخرى ممثلــة للصفر) وليس الامكــان قاصرا على استخــدام المصابيح فى هذا المجال . فالمبتكرات التى تستخدم فيها مواد مغنطيسية تكون من احسن الوسائل للتعبير عن حالة من احدى حالتين . فاذا اخذنا قضيبا مصنوعا من مادة مغنطيسية مثنيا على شكل حلقة مفتوحة كما فى شكل (٤) فانه من الممكن

مغنطة القضيب بحيث يكون طرف معين منه قطباشماليا ، كما يمكن عكس اتجاه المغنطة ليصير نفس الطرف قطبا جنوبيا . ونستطيع ان نختاراحدى حالتى الحلقة ممثلة للواحد ، فتكون الحالة الأخرى ممثلة للصفر . ومن الواضح أنه لو كانت الحلقة مقفلة فان مناقشتنا لا تتأثر . فالمهم انه اذا كانت المغنطة فى اتجاه معين تمثل « الواحد » فان المغنطة فى الاتجاه المضاد تمثل « الصفر » .



شكل (٤) . يمكن أن نأخذ احدى الحلقتين الممغنطتين ممثل للواحد فتكون الاخرى ممثله للصفر ، ويصح هذا الكلام على الحلقتين المفتوحتين كما يصح على الحلقتين المغلقتين .

العمليات الحسابية فى النظام الثنائي :

من السهل أن يتحقق القارىء من القواعدالآتية للعمليات الحسابية الأربع فى النظام الثنائي.

الجمع	الطرح
٠ + ٠ = ٠	٠ − ٠ = ٠
٠ + ١ = ١	١ − ٠ = ١
١ + ٠ = ١	١ − ١ = ٠
١ + ١ = ٠ ونحمل واحدا الى المنزلة التالية	٠ − ١ = ١ مع اقتراض واحد من المنزلة التالية
١ + ١ + ١ = ١ ونحمل واحدا الى المنزلة التالية	

الضرب	القسمة
٠ × ٠ = ٠	٠ ÷ ١ = ٠
٠ × ١ = ٠	١ ÷ ١ = ١
١ × ٠ = ٠	ولا يجوز القسمة على الصفر .
١ × ١ = ١	

(ويمكن اجراء عملية طرح باستخدام الجمع ، كما يمكن اجراء عملية الضرب بتكرار الجمع ؛ واجراء عملية القسمة بتكرار الطرح) .

نظم عددية اخرى :

من النظم العددية الأخرى الهامة فى عمل بعض طرازات الكمبيوتر ، النظام الثماني(٥٤) والنظام السادس عشرى(٥٥) . والنظام الأول أساسه ٨ والثاني أساسه ١٦ .

وفى النظام الثماني يكفي استعمال الصفر والارقام من ١ الى ٧

---

(54) octal system (55) hexadecimal system

امـا فى النظـام السـادس عشرى فيلـزم استخدام أرقام ترمز الى الأعداد الصحيحة من عشرة الى خمسة عشرة بالاضافة الى الارقـام العربية الهندية .

النظام العشرى بالشفرة الثنائية (٥٦)

أحيانا يستخـدم النظـام العشرى مـع استخدام الشفرة الثنائية لكل رقـم عشرى . وبالنظر الى جدول (١) نجد أنه يلزم أربعة أرقام ثنائية لتمثيل الرقم ٩ وهو أكبر رقم عشرى . واذا كتبنا الأعداد باستعمال الشفرة الثنائية من أسفل الى أعلى نجد أن العدد ١٨٩٠٢٧ مثـلا يمكن الرمز له كالاتي : ـ

٠١١٠٠٠
٠٠٠٠٠١
٠٠٠٠١١
١٠١٠٠١

حيث العمود الايمن هـو « ١١١٠ » مكتوبـا رأسيا من أسفل الى أعلى (ويسـاوى ٧) والعمود الثاني من اليمين هو « ٠٠١٠ » ويساوى ٢ . وهكذا .

النظام السادس عشرى بالشفرة الثنائية :

رأينا كيف يمكن استخدام ٤ صفوف من الارقام الثنائية لتمثيل عدد عشرى مثل ١٨٩٠٢٧ . على أنه يمكن استخدام نفس العدد من الصفوف لتمثيل عدد سادس عشرى . فمثلا يمكن ان نأخذ فى النظام الأخير الحروف ع ، ح ، ن ، ل ، ر ، خ لتمثل الأعداد من عشرة الى خمسة عشر كالآتي :

العدد	الرمز فى النظام السادس عشرى
عشرة	ع
أحد عشر	ح
اثنا عشر	ن
ثلاثة عشر	ل
أربعة عشر	ر
خمسة عشر	خ

ومع استعمال الأرقام الهندية العربية بنفس قيمها ، فان العـدد ٥ع ٣خ ٢ السـادس عشرى والذى يساوى

٥+١٠×١٦+٣×٢١٦+١٥×٣١٦+٢×٤١٦

يمكن الرمز له باستعمال الشفرة الثنائية من أسفل الى أعلا كالآتي :

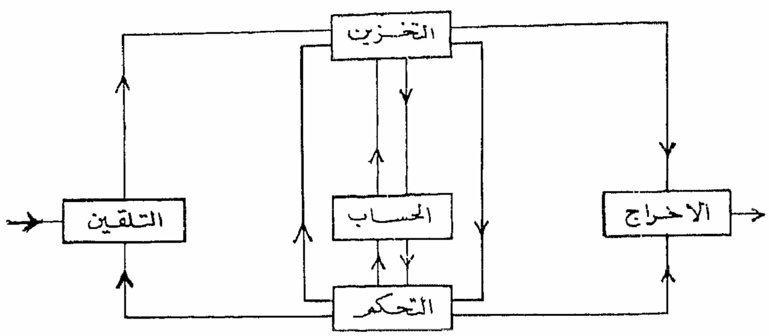
٠١٠١٠
٠١٠٠١
١١١١٠
٠١١٠١

(56) binary coded decimal system

٩ ــ الاقسام الرئيسية للكمبيوتر الرقمى

بالرغم من أن الكمبيوترات الرقمية تختلف فيما بينها اختلافات بينة فى التفاصيل فان الأفكار الرئيسية فيها واحدة . ويبين شكل (٥) الأقسام الخمسة الرئيسية للكمبيوتر الرقمي وهي :

١ ــ التلقين(٥٧) (أو الادخال او التغذية)
٢ ــ التحكم والتوجيه (الكنترول) (٥٨)
٣ ــ الذاكرة (٥٩) أو التخزين (٦٠)
٤ ــ الوحدة الحسابية (٦١)
٥ ــ الاخراج (٦٢) .



شكل (٥) . الاقسام الرئيسية الخمسة للكمبيوتر الرقمي .

١ ــ التلقين :

تتلقى الآلة الأوامر والبيانات عن طريق التلقين (الادخال) . وهناك طرق مباشرة وطرق غير مباشر لذلك . للتلقين المباشر يمكن استخدام « تيبريتر » كهربي أو أزرار تحكم . ولا تستخدم هذه الوسائل البطيئة الا عند الضرورة (لتصحيح خطأ فى البرنامج أو لاختياره مثلا) .

ومن الوسائل المباشرة الأخرى للتلقين المفاتيح والأزرار الموجودة على واجهة التحكم . وتستخدم هذه فى التحكم اليدوى باعطاء الأمر للكمبيوتر بالشروع فى العمل أو فى ايقافه وفى عمليات أخرى .

وللتلقين غير المباشر تستخدم وسائل مختلفة يتوقف اختيارها على عوامل التكلفة والسرعة وسهولة الاستعمال والمرونة . ومن الوسائل غير المباشرة للتلقين : البطاقات المثقبة . شريط الورق المثقب . الشريط المغنطيسي . الكتابة بالحبر المغنطيسي . الحروف الضوئية . الطنبور المغنطيسي . البطاقات المغنطيسية . الأقراص المغنطيسية . وسنتكلم عن بعض هذه الوسائل فيما بعد .

---

(57) input (58) control (59) memory (60) storage (61) arithmetic unit
(62) input

٢ ـ التحكم والتوجية :

ينظم قسم التحكم والتوجيه ترتيب عمليات الكمبيوتر ، فيفسر الأوامر ، ويوجه جميع الأقسام الأخرى (وفق ما تقضى به الأوامر) بترتيب معين . ولهذا القسم القدرة على تغيير ترتيب العمليات حسب النتائج الجزئية أو نتيجة مقارنات معينة .

٣ ـ التخزين :

عندما تدخل المعلومات الى الكمبيوتر عن طريق وسائل التلقين فانه لا يمكنها الانتقال الى قسم الحساب مباشرة ، فعليها أن تنتظر حتى يستدعيها التحكم تبعا لأوامر البرنامج. والتخزين هو مكان الانتظار ، ويتفاوت وقت الانتظار من كسر ضئيل جداً من الثانية الى زمن طويل والى أن تدعو الحاجة الى الاستدعاء .

وينقسم تخزين الكمبيوتر الى قسمين : التخزين الرئيسى(٦٣) والتخزين المساعد(٦٤) وللتخزين الرئيسي (الذاكرة الرئيسية) ثلاثة وظائف وهي :

أولا : التخزين المؤقت للأعداد والأوامر الواردة من التلقين أو التي فى طريقها الى الاخراج.

ثانيا : تخزين جميع البيانات والأوامر اللازمة للمسألة التي يعالجها الكمبيوتر .

ثالثا : التخزين المؤقت للنتائج الجزئية للحساب .

أما التخزين المساعد (الذاكرة الاضافية) فله وظيفتان هما :

أولا : تخزين المعلومات والبرامج لحين الحاجة اليها فى المستقبل .

ثانيا : زيادة سعة التخزين الرئيسي .

ويتصل التخزين الرئيسي اتصالاً مباشراً بقسمي التحكم والحساب ، ويقوم بدور أساسي فى معالجة البيانات . ويجب أن يكون له من السعة ما يكفي الأوامر والبيانات اللازمة للمسألة تحت الحل ، وعند اللزوم يستخدم جزء من التخزين المساعد لتوسيع التخزين الرئيسي .

وينقسم التخزين الرئيسي الى أجزاء متساوية الحجم لكل منها عنوان (٦٥) فى التخزين، وعندما يبحث التحكم عن معلومات معينة فى التخزين فانه يطلبها عن طريق عنوانها .

وبعد معالجة البيانات فى قسم الحساب تنقل الى التخزين الرئيسي أو التخزين المساعد (أو كليهما) حيث تبقى الى وقت الحاجة اليها .

وأكثر مبتكرات التخزين الرئيسي استخداما فى الوقت الحاضر هو « اللب المغنطيسي » (٦٦) الذى يتكون من حلقات صغيرة من مواد مغنطيسية . وهو مرتفع الثمن نسبيا بالمقارنة بالوسائل الأخرى . وتدخل البيانات أو تستدعي من اللب كلمة فكلمة فى وقت يتراوح بين نصف ميكرو ثانيه وخمس ميكرو ثانيات (الميكرو ثانية جزء من مليون من الثانية) . ويسمى هذا الزمن باسم « زمن الاتصال » (٦٧) .

ومن وسائل التخزين الرئيسي الأخرى « الشريط الرقيق » (٦٨) . وعندما تلزم بعض

---

(63) primary storage (64) auxiliary storage (65) address (66) magnetic core
(67) access time (68) thin film

البيانات من التخزين المساعد فان قسم التحكم يوجه عملية نقلها الى عنوان معين فى التخزين الرئيسي . وعندما يلزم الأمر تعاد البيانات مع نتائج الحساب الى التخزين الاضافي .

ويكون الادخال (التلقين) الى التخزين الرئيسي بواسطة « قارئة » للوسيلة المستخدمة للادخال (التلقين) تختلف باختلاف تلك الوسيلة . ويكون انتقال البيانات من التخزين الرئيسي الى التخزين المساعد بواسطة نبضات كهربية فى الأسلاك الموصلة يتبعها تسجيل تلك البيانات .

ومن وسائل التخزين المساعد : الشريط المغنطيسي ، والطنبور المغنطيسي ، والقرص المغنطيسي .

٤ ـ الوحدة الحسابية :

يقوم القسم الحسابي بعمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة (و فى الكمبيوترات العلمية باستخراج الجذور وعمليات حسابية اخرى) .

وقد سبق ان ذكرنا أن العمل يتم فى الكمبيوتر الالكتروني الرقمي باستخدام نبضات كهربية . ويمكن ان تفسر النبضة بوجود الرقم « ١ » وعدم وجود نبضة بالرقم « صفر » والرقمان ١ ، صفر هما الرقمان الثنائيان ، اى المستعملان فى النظام العددى الثنائي .

والادخال والتخزين والاخراج تعتمد كلها على مبتكرات « ثنائية » . فالموضع المعين فى بطاقة قد يكون مثقبا ، فيفسر بوجود « ١ » أو غير متقب فيفسر بوجود « صفر » . والحلقة المغنطيسية قد تكون ممغنطة فى اتجاه معين يفسر بوجود « ١ » أو فى الاتجاه المضاد فيفسر بوجود « صفر » ، وهكذا .

٥ ـ الاخـراج :

تقوم وسائل الاخراج بوظيفتين هما :

أولا : تسجيل نتائج معالجة البيانات .

ثانيا : اعطاء البيانات المسجلة أو المحسوبة فى صورة يفهمها الانسان .

وقد تسجل البيانات الناتجة من المعالجة على شريط مغنطيسي أو قرص مغنطيسي أو طنبور مغنطيسي أو بطاقة مغطيسية . وفى هذه الحالة قد يحتفظ بالمعلومات لاستعمالها أوتوماتيكيا بواسطة الكمبيوتر تبعا لأوامر البرنامج . وكذلك قد يكون الاخراج بالتسجيل على بطاقات مثقبة أو شريط مثقب .

ومهما كانت الطريقة التي تسجل بها النتائج فى الاخراج (مغنطيسية أو غيرها) فانه يمكن تحويلها الى صورة مطبوعة بلغة يفهمها الناس على الورق ، أو تحويلها الى صورة مرئية على شاشة تشبه شاشة التليفزيون ، أو الى كلام مسموع عن طريق التليفون .

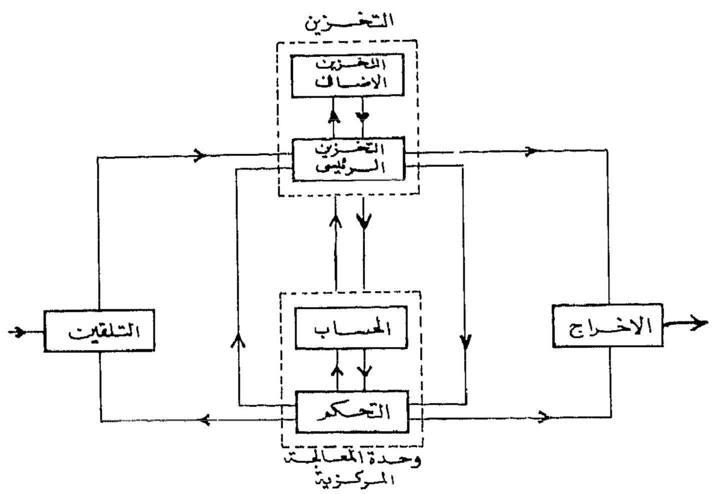
ولا يقتصر الاخراج اذن على الصورة المطبوعة ، أو المرئية على الشاشة ، أو المسموعة بواسطة التليفون ، فالواقع أن مجرد تسجييل النتائج بصورة من الصور (التى يمكن تحويلها الى صورة مفهومة للناس) يعتبر اخراجا .

وحدة المعالجة (التشغيل) المركزية(٦٩) :

يجتمع القسم الخاص بالتحكم مع القسم الخاص بالحساب فى وحدة مادية واحدة يطلق عليها اسم « وحدة المعالجة المركزية » وهذه الوحدة هي الكمبيوتر الحقيقي . ففيها مصدر التحكم والتوجيه ، كما أن العمليات الحسابية تتم فيها .

وبذلك تكون العمليات الرئيسية فى الكمبيوتر هي : التلقين – التخزين – المعالجة المركزية – الاخراج .

ومن الممكن الآن أن نعيد رسم الاقسام المختلفة للكمبيوتر كما فى الشكل (٦) .



شكل (٦) . الاقسام الرئيسية للكمبيوتر الرقمي .

١٠ – بعض مبتكرات التلقين والاخراج والتسجيل

البطاقة المثقبة :

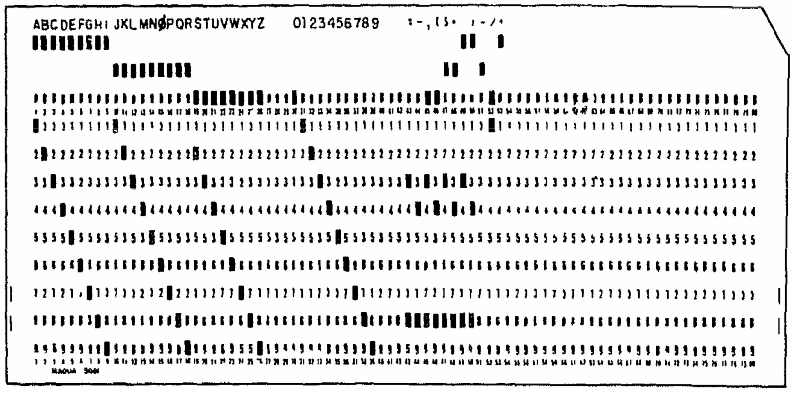
هناك أكثر من نوع من البطاقات المصنوعة من الورق المقوى التي تستخدم لتسجيل المعلومات بواسطة ثقوب بشفرة خاصة . وسنشرح هنا بطاقة آى . بي . ام .

هذه البطاقة مستطيلة الشكل فى حجم كف اليد ومقسمة الى ٨٠ عمودا رأسيا . ويوجد بكل عمود ١٢ موضعا للتثقيب . والمواضع التسعة السفلى تسمى مواضع « عددية » . أما الثلاثة العليا فتسمى « مناطق (٧٠) » وموضع الصفر يكون موضعا عدديا ومنطقة فى نفس الوقت .

ويمثل كل رقم بثقب واحد فى الموضع المناظر بالعمود ، أما الحروف فيمثل الواحد منها بثقب فى موضع عددى وبثقب فى منطقة ، وبعض العلامات والرموز الخاصة تمثل بثقب أو اثنين

(69) central processor (70) zones

أو ثلاثة فى عمود واحد . وتسهيلا لقراءةالبطاقاتتكون الأرقام مطبوعة على كل عمود على حــدة ويكتب رقم كل عمود فى أسفله ، وتكون كــلالبطاقات مشطوفة من الجانب الأعلى من نفس الجهة حتى يمكن وضع البطاقات كلها فى وضعمتناظر .



شكل (٧) . بطاقة IBM **أو** Hollerith **المثقبة . طولهــا ١٨٫٧ سم وعرضها ٨٫٢ سم وسمكها ١٨ر. مليمترا تقريبا وتحتوى على ٨٠ عمودا .**

وقد استخدمت البطاقات المثقبة لسنينعديدة كوسيلة للاتصال بالآلات الحاسبة ، سواء لادخال المعلومات اليها ، أو لتسجيل المعلومــاتالخارجة منها .

وميزة البطاقات المثقبة أنه يمكناستعمالهالادخال المعلومات الى الكمبيوتر أكثر من مرة ، اذ أنه من السهل الاحتفاظ بها .

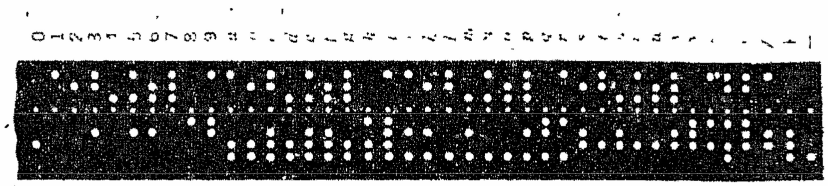
وتثقب البطاقات اما يدويا أو باستخداملوحة ازرار (كهربية) أو أتوماتيكيا فى وحــدة اخراج لتسجيل نتائج الحساب . وبعد الانتهاءمن تثقيب بطاقة(فى غير وحدة الاخراج) يلــزم مراجعة التثقيب باستخدام آلة تحقيق ، امــايدوية أو كهربية .

شريط الورق المثقب (٧١) :

تمثل البيانات على شريط الورق بواسطةثقوب بشفرة معينة تختلف من نظام الى آخر . وفى العادة يمثل الحرف أو الرقم بنظام منالثقوبفى صف بعرض الشريط . وعدد مواضع التثقيب بعرض الشريط يختلف من خمسة الى ثمانية .ويكون عرض الشريط حوالي بوصة عادة . ومن الشائع أن تحتوى البوصة من طول الشريط علىما يمثل عشرة أرقام أو حروف .

(71) punched paper tape

وهناك أنواع متعددة من آلات تثقيب شريط الورق . ويكون التثقيب باستخدام لوحة أزرار كهربية أو أتوماتيكيا في وحدة اخراج لتسجيل النتائج .



شكل (٨) . شريط ورق مثقب ذو ثمانية ثقوب بعرض الشريط (مع الشفرة الخاصة بالارقام من صفر الى ٩ والحروف اللاتينية وبعض العلامات في نظام EIA) .

الشريط المغنطيسي (٧٢) :

من الشائع استعمال الشريط المغنطيسي في تسجيل البيانات . وقراءة البيانات عليه بواسطة الكمبيوتر أسرع من قراءة البطاقات المثقبة أو شريط الورق المثقب . والمبدأ الذى يبنى عليه تسجيل البيانات على الشريط المغنطيسي يماثل ذلك الذى يبنى عليه تسجيل الأغاني والأحاديث على شريط التسجيل العادى . ويكون قطر الشريط المغنطيسي ١٠١/٢ بوصة وطولة ٢٤٠٠ قدما تقريبا . والعرض الشائع للشريط يتراوح بين ١/٢ بوصة وبوصة عادة ، وتتراوح سرعة قراءة الكمبيوتر له بين ٣٠ بوصة في الثانية و ١٥٠ بوصة في الثانية .

ويوجد بعرض الشريط سبعة مسارات في الغالب . وبذلك يكون هناك ٧ مواضع ممغنطة او غير ممغنطة في شفرة خاصة .

وهناك نوع جديد من الشريط المغناطيسي موضوع في علبة مستطيلة (٧٣) كتلك التي تستخدم في التسجيل العادى ولكنها أكبر حجما .



شكل (٩) . شريط مغنطيسي وقد ظهرت عليه الاجزاء المغنطة المقابلة للارقام والحروف اللاتينية والعلامات المبينة في الصورة

الطنبور المغنطيسي (٧٤) :

يكون الطنبور المغنطيسي على شكل اسطوانة من الألومنيوم مطلية بمادة مغنطيسية ، ويدور بسرعة كبيرة أثناء التسجيل عليه . ويتفاوت عدد مسارات التسجيل عليه ، كما يتفاوت الطول

---

(72) magnetic tape (73) cassette (74) magnetic drum

المستعمل . وقد تصل سرعة الطنبور الى ١٥٠٠٠ دورة فى الدقيقة ، ومن الشائع ان تكون سعة تخزينه حوالى نصف مليون رقم ثنائي وقد تصل الى ٤ ملايين أو أكثر .

القرص المغنطيسي (٧٥) :

تستعمل الأقراص المغنطيسية كأداة تخزين اضافى ، ولها سعة تخزين كبيرة جدا . وهى تشبه أقراص (اسطوانات) جرامافون كبيرة وتكون مغطاة بطبقة رقيقة من أكسيد الحديد . وتدور الأسطوانات حول محور رأسي مشترك بمعدل ألف دورة أو أكثر فى الدقيقة . وتكون المسارات على القرص فى شكل دوائر ذات مركز واحد . وتتوقف سعة تخزين القرص على كل من سرعة الدوران ، وقطر القرص ، والكثافة المغنطيسية المستعملة لكل رقم ثنائي . وقد تصل سعة التخزين على القرص ذى ٤٠ بوصة والمطلى من وجهيه الى عشرة ملايين رقم ثنائي . وباستعمال عشرين قرصا معا قد تصل سعة التخزين الى ٢٠٠ مليون رقم ثنائي .

ومن الممكن اعادة استعمال القرص الذى سجل عليه بيانات (أو برامج) مرات عديدة . وعندما يخزن عليه معلومات جديدة تمحى المعلومات القديمة التي كانت مكانها .

ومن الممكن ابقاء الأقراص متصلة بالكمبيوتر اتصالا دائما . كما انه من الممكن استبدالها بغيرها ، مما يعطى مقدرة على التخزين غير المحدود .

اللب المغنطيسي (٧٦) :

يستعمل اللب المغنطيسي للتخزين الرئيسي فى الكمبيوترات الحديثة (ولم يكن يستعمل قبل الخمسينات الأولى) . ويتكون اللب من حلقات صغيرة بدرجات متفاوتة مصنوعة من مادة مغنطيسية . والصغير منها قد يكون قطره الخارجي ٠.٠٢ بوصة وقطره الداخلي ٠.٠١٥ بوصة . وقد يحتوى نظام الكمبيوتر الواحد على ٢٠ مليون حلقة . وتسجل البيانات على الحلقات بمغنطتها بواسطة تيارات كهربية تمر فى اسلاك بمركزها أو تلف حولها . ويمكن « قراءة » الحلقات بواسطة تيارات كهربية أيضا .

ويمتاز اللب المغنطيسي بأن الكمبيوتر يستطيع ان يسترجع منه المعلومات بطريقة « الاتصال العشوائى » (٧٧) بمعنى أن الحصول على بيان موجود فى موضع معين بالذاكرة لايستلزم المرور على المواضع الموجودة قبل ذلك .

المطابع السريعة :

قد يكون من اللازم الحصول على النتائج من الكمبيوتر فى صورة مطبوعة ، ولذلك تستخدم مطابع خاصة ذات سرعات عالية ، وهناك أنواع مختلفة من هذه المطابع ، فبعضها يطبع بواسطة دوران اسطوانة عليها حروف بارزة ، وبعضها يطبع بواسطة مطارق . وقد تصل سرعة الطبع الى ٥٠٠ سطر فى الدقيقة مع مسافات ضيقة أو واسعة بين السطور ، ويحتوى السطر على ١٢٠ أو اكثر من مواضع الطبع (حروفا أو أرقاما) . ومع السرعة الكبيرة للآلة يمكن طبع صفحات كبيرة فى ثوان .

---

75) magnetic disk (76) magnetic core (77) random access

١١ ـ الكمبيوتر والأوتوميشن فى الصناعة

الأوتوميشن (٧٨) :

فى العمليات الصناعية يستعمل لفظ « أوتوميشن » بمعنى استعمال الآلات للرقابة والتحكم فى آلات اخرى . واللفظ مشتق من كلمة اغريقية(٧٩) معناها العمل التلقائي .

وفى عمليات الأوتوميشن يوجد طوران :

فى الطور الاول يصدر الكمبيوتر الأوامر الى آلة الانتاج .

وفى الطور الثاني ترسل نقطة العمل تقريراً الى الكمبيوتر تبلغه فيه بالتغيرات التي حدثت فى حالة العمل . ويطلق على التقارير من هذا النوع اسم « التغذية المرتدة »(٨٠) .

وعندما يتلقى الكمبيوتر التغذية المرتدة ـ أى التقرير بتغيرات الحالة ـ فانه يعدل عمل آلة الانتاج ، أو يوقفها ، أو ينتقل الى طور اخر ، حسب ما يملى عليه البرنامج ، وبسبب قدرات الكمبيوتر الفائقة لا يلزم غير زمن ضئيل للغاية لاتمام تحليل المعلومات الواردة بتقرير التغذية المرتدة واصدار الامر التالي .

والأوتوميشن شائع الاستعمال فى صناعة تكرير البترول التي كانت من أولى الصناعات فى هذا المجال ، وهناك عدد من الصناعات الكيميائية شاع فيها العمل بنظام الأوتوميشن ، منها صناعات النايلون واللدائن (البلاستيك) والتقطير والطحن .

وفى الصناعات الهندسية نجد أيضا امثلة على الأوتوميشن وان كان ذلك لا يشمل فى الغالب غير بعض أطوار العمل ، ومن الأمثلة على ذلك بعض أطوار صناعة السيارات . على أن اليوم الذى سنرى فيه الأوتوميشن يعم المصانع الهندسية الكبرى ليس بعيداً ، وفى الواقع هناك من المصانع اليوم ما يسير كله على هذا النظام .. مثال ذلك بعض مصانع أجزاء الآلات اللاسلكية . وهناك بطبيعة الحال رجال يعملون فيها ، ولكنهم فنيون مدربون تدريبا عاليا مهمتهم مراقبة عمل الآلات الأوتوماتيكية ، وصيانتها ، واصلاحها ان لزم الأمر .

ولا يعلم أحد ، حتى العلماء انفسهم ، امكانيات الكمبيوتر فى مجال الأوتوميشن . ولكن من المؤكد أن استعمالاته ستزيد يوما بعد يوما . واذا كانت الثورة الصناعية الأولى قد اتت ثمارها بعد نحو مائة وخمسين عاما ، فان الكمبيوتر قد أعطى نتائج مذهلة وهو وليد بعد . ومن المظاهر « البسيطة » للأوتوميشن تحكم الكمبيوتر فى سفن الفضاء ، فهو يرسل لها الأمر ، فترد عليه ، فيرسل لها أمراً آخر ـ كل ذلك فى لمحة العين . ومن مظاهر الأوتوميشن ايضا أن بعض الطيارات المجهزة بكمبيوترات تستطيع الهبوط فى المطارات بدون مساعدة من القائد ، كما يستطيع بعضها أن تطير بدون قائد وتؤدى عملا حربيا ثم تعود وتهبط فى الممر المحدد لها .

---

(78) automation (79) automatos (80) feedback

الى اليمين : « جد العقول الآلية » تشارلز بابدج (١٧٩٢ ـ ١٨٧١) . كان استاذا للرياضيات فى كمبردج .

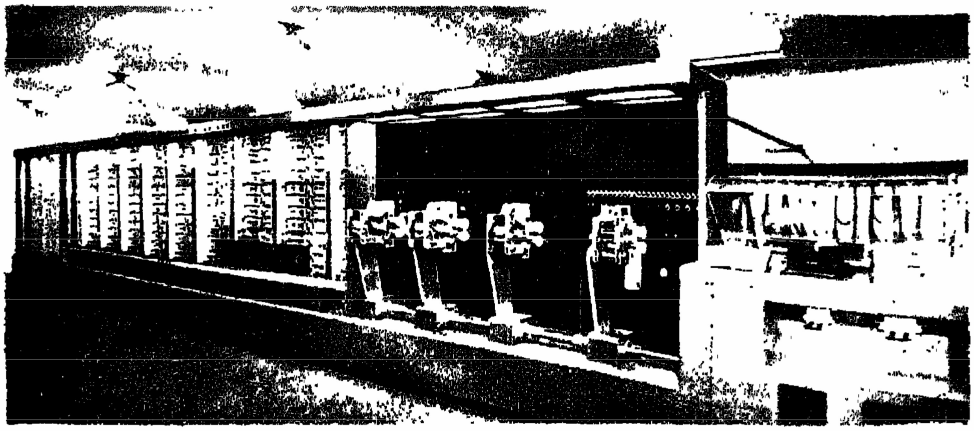


تحت الى اليسار : الرجل الذى أعطى أكبر دفعة للعقول الالكترونية .. جون فون نويمان (١٩٠٣ ـ ١٩٥٧) . كان استاذا للرياضيات فى معهد الدراسات العليا فى پرنستون .

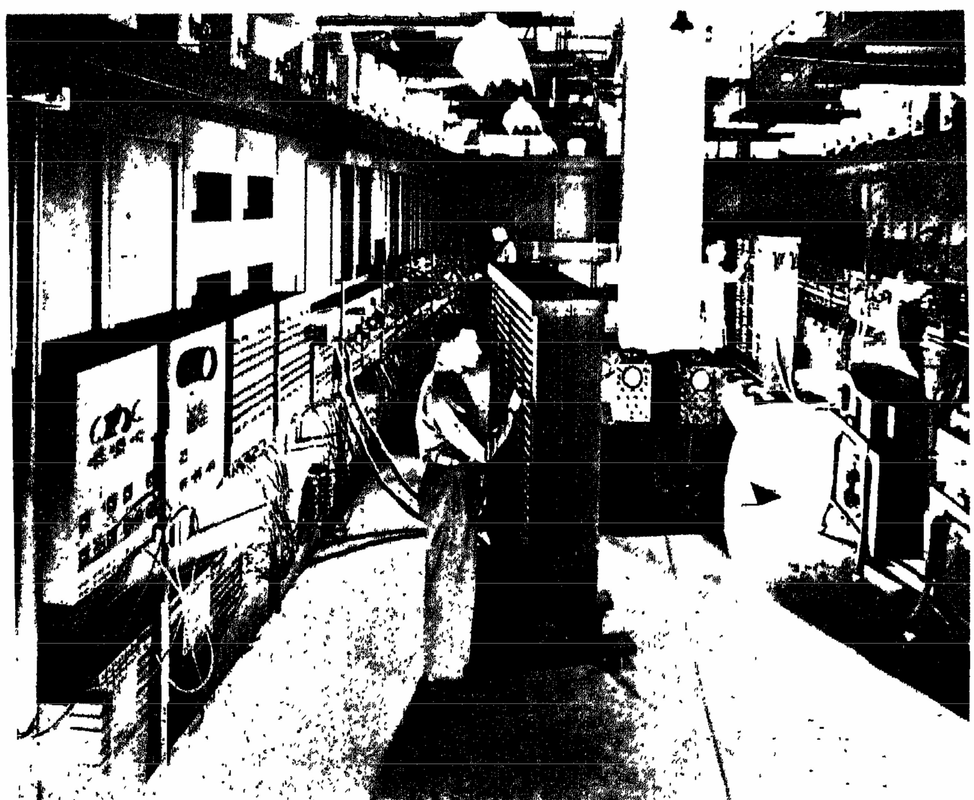
تحت الى اليمين : والد علم « السيبرنتكس » نوربرت ڤينر (١٨٩٤ ـ ١٩٦٤) . كان أستاذا للرياضيات فى معهد ماساشوستس التكنولوجي .







المنظر الأمامي للكمبيوتر « مارك ١ » MARK 1 الذى تم صنعه فى سنة ١٩٤٤ وكان أول كمبيوتر رقمى ذى غرض عام ، ولكنه لم يكن الكترونيا .



الكمبيوتر « انياك » ENIAC الذى تم صنعه سنة ١٩٤٦ وكان أول كمبيوتر رقم الكتروني . لاحظ أن قاعدته تدور حول القاعة على شكل حرف U .



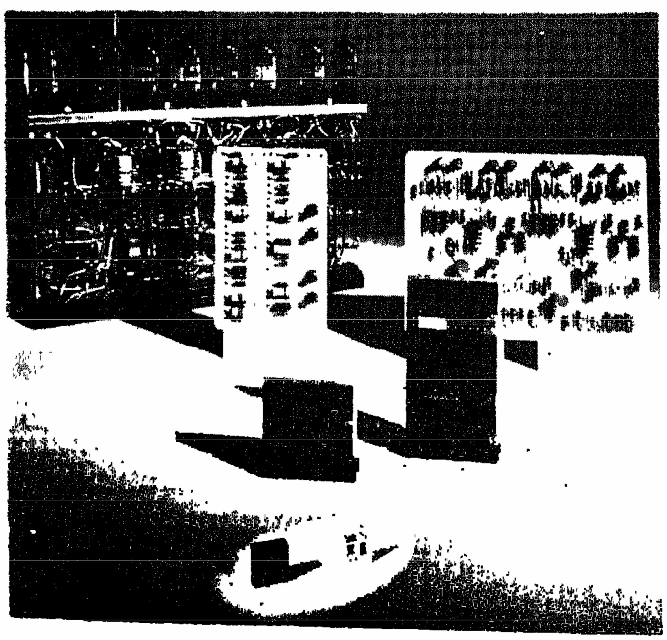
صورة مخترعي الترانزستور من علماء شركة بل الامريكية للتليفون ، اخذت لهم سنة اختراعه (١٩٤٨) ، وهم من اليسار الى اليمين :

و . شوكلى W. Shockley

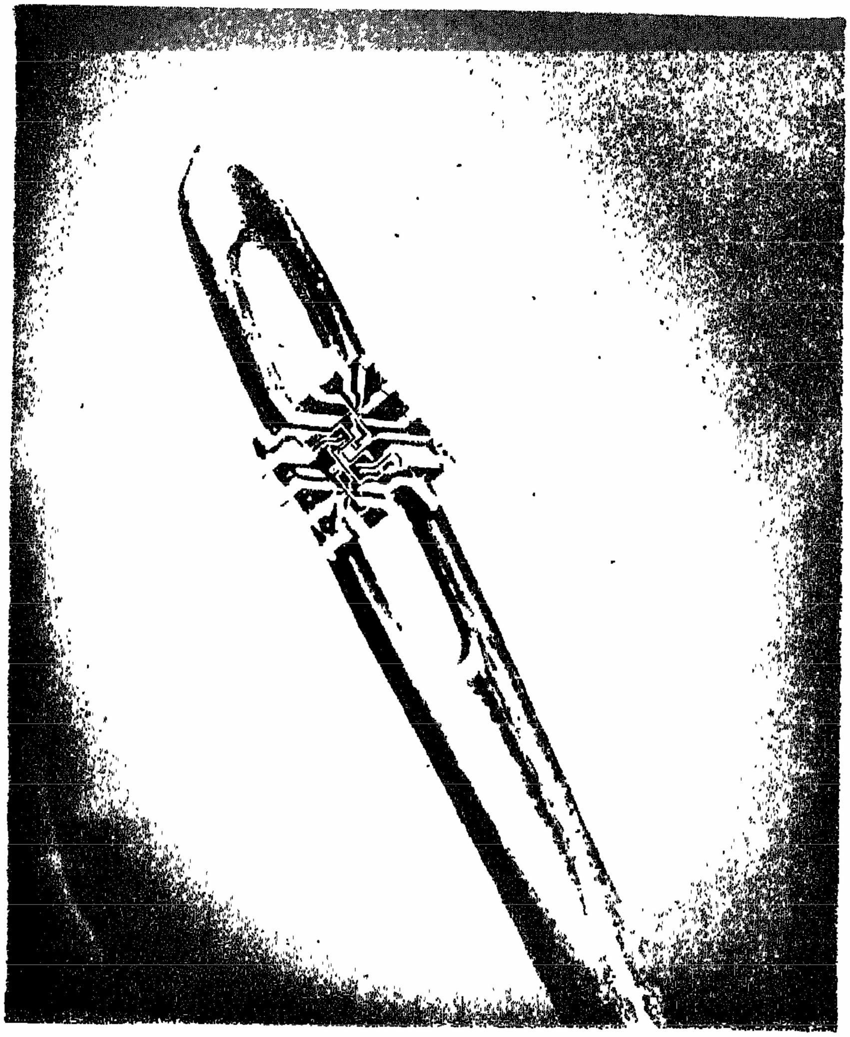
و . هـ . براتين W. H. Brattain

ج . باردين J. Bardeen

وقد نالوا لاختراعهم جائزة نوبل سنة ١٩٥٦



دوائر فى ثلاثة اجيال متعاقبة من الكمبيوترات الرقمية : (١) فى الخلف ـ دائرة « انابيب مفرغة » . (٢) فى الوسط ـ بطاقات « الحالة الصلبة » التى جاءت نتيجة اختراع الترانزستور وحلت محل الانابيب المفرغة . (٣) فى المقدمة ـ تحت الضوء « قالبان » للدوائر الدقيقة يؤدى كل منهما جميع الوظائف « المنطقية » للكمبيوتر . ويرى خلفهما مجموعة من ٦ قوالب واخرى من ١٢ قالبا من هذه القوالب الدقيقة .



نموذج للصناعات الالكترونية الدقيقة مما يستخدم في تركيب الكمبيوترات الحديثة :

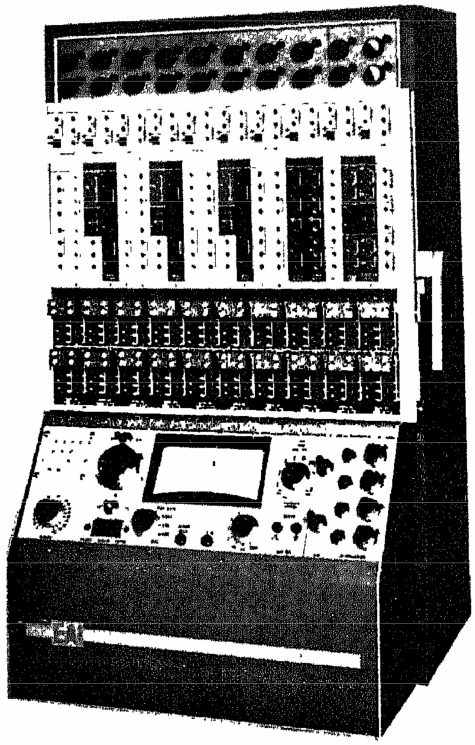
على ثقب ابرة طولها ٤ر٥ سنتيمترا تتزن لوحة عليها ١٨ صماما ثنائيا ، وأربعة ترانزستورات ، وثمانية مقاومات كهربية .

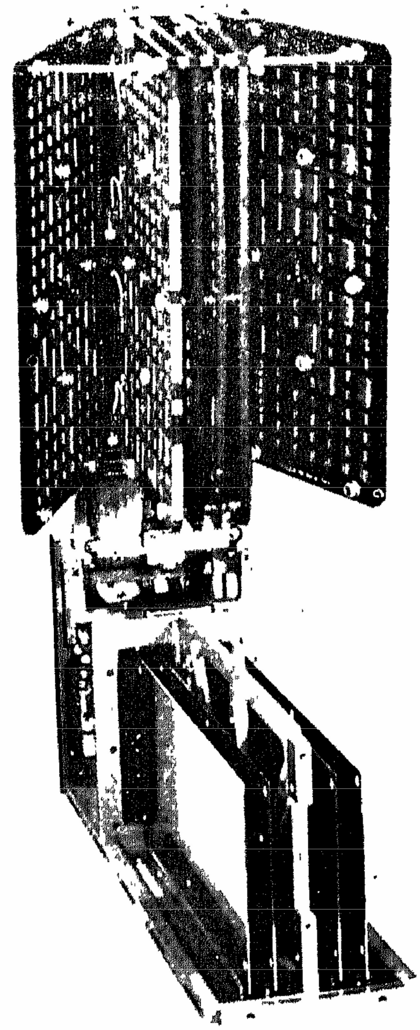
بقي أن نشير الى أن هذا النموذج يعتبر « كبيرا » بالنسبة الى آخر ما وصلت اليه دقة الصنع في المكونات الالكترونية .

الى اليسار ـ

الكمبيوتر التناظرى Pace TR-20 وفيه تصل دقة الحساب الى ٩٩ر٩٩٪ وهى مرتفعة بالنسبة للكمبيوترات النظرية ، منخفضة اذا قورنت بدقة الكمبيوترات الرقمية .

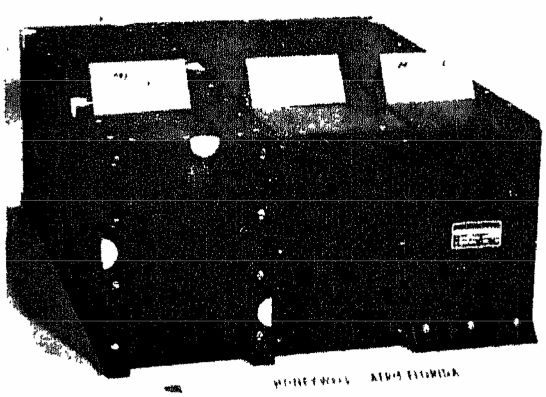
(Electronic Associates Incorporated)

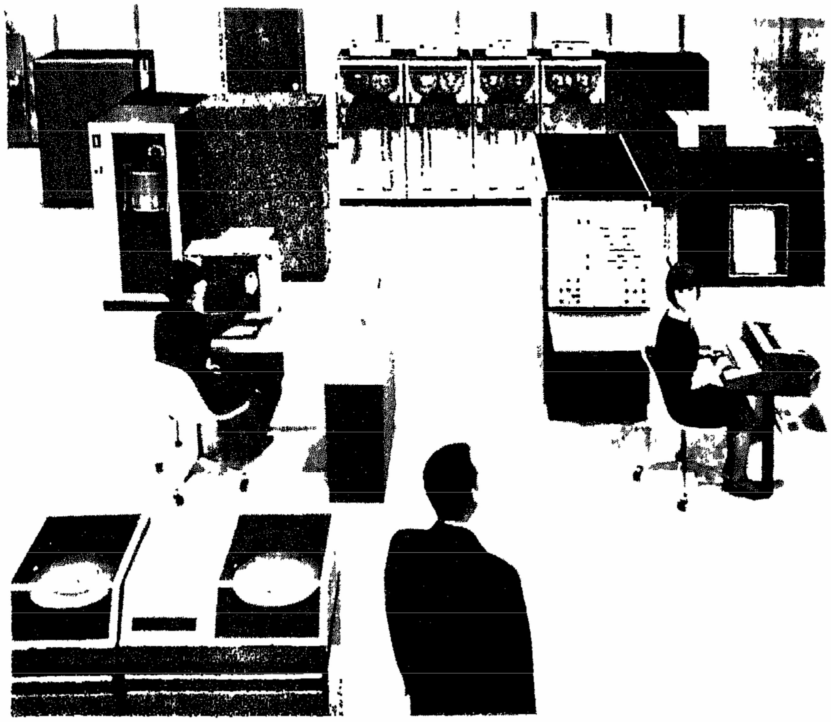




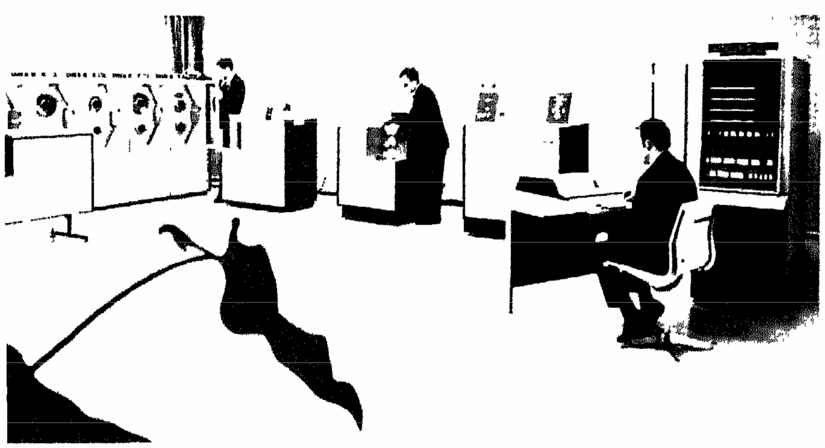
الى اليمين والى اسفل ـ

الكمبيوتر الحربى المحمول بالجو Alert Airborne
(هانيول Honeywell) .

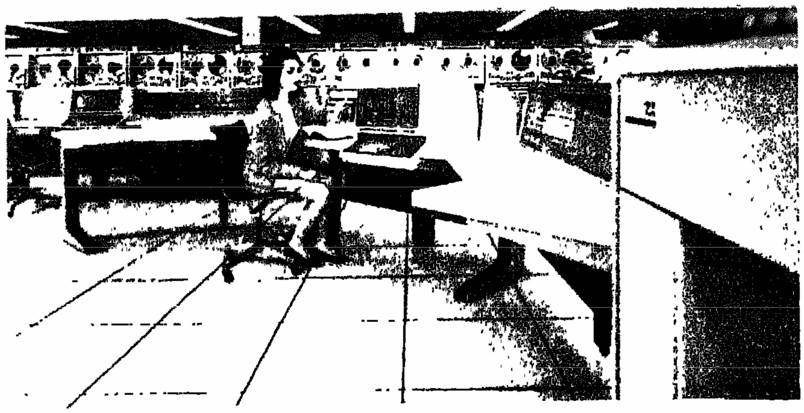




نظام كمبيوتر من سلسلة آى . بى .ام/٣٦٠ IBM /360 System . ونرى وحـدة المعالجـة المركزية فى يمين الوسط ، وخلية بيانات فى يسـار الخلف ، ومجموعة أقراص فى يسار الامام .



نظام كمبيوتر متوسط الحجم طراز يونيفاك ٩٤٠٠ UNIVAC 9400 System



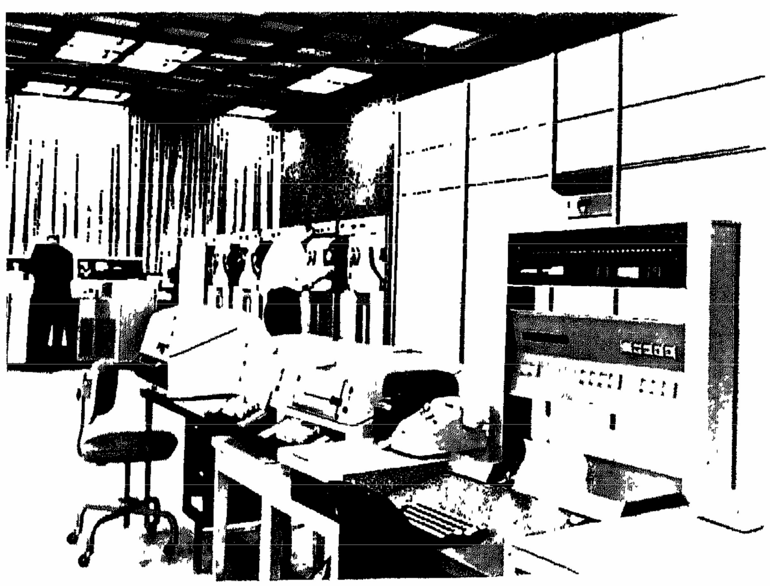
نظام كمبيوتر كبير الحجم طراز بونيفاك ١١٠٨ UNIVAC 1108 System



نظام كمبيوتر كبير الحجم طراز آى.سى.ال ١٩٠٦/أ ICL 1906-A



نظام كمبيوتر كبير « للوقت الحقيقي » طراز يونيفاك ٤٩٤ UNIVAC 494 System تستخدمه الخطوط الجوية ويلعب دورا هاما في مشروع« الانسان الى القمر ـ ناسا »
NASA Man to the Moon Program



مركز شركة Keydata Corporation «للكمبيوتر على الخط » للخدمة التجارية العامة ، حيث يستخدم نظام الكمبيوتر يونيفاك ٤٩١ UNIVAC 491 (للوقت الحقيقي) لمعالجة البيانات المرسلة عبر خطوط تليفونية مؤجرة من المشتركين في منطقة بوسطن (أمريكا) .



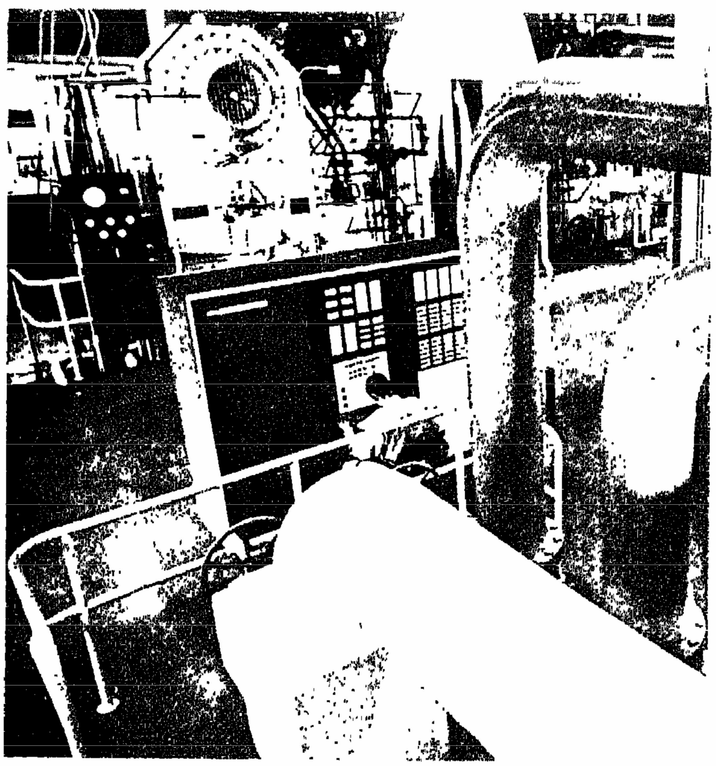
يحتفظ صانعو الكمبيوترات بأرقامهم سرا اسنوات عديدة . ولكن ((لجنه الاوراق الصناعية)) المنبثقة من ((لجنة أمريكا لاستثمارات البنوك)) قدرت في أواسط الستينات أنه في سنة ١٩٧٠ ستكون المبيعات الامريكية من تجهيزات ((معالجة البيانات)) في مستوى ٢٠ ألف مليون دولار . وليس هذا خيالا . ففي سنة ١٩٦٢ مثلا أنفق من ميزانية الدفاع الأمريكية وحدها ١٣٠٠ مليون دولار لشراء الكمبيوترات ، كما أن صناعات الكمبيوتر تنمو بمعدل من ١٠ الى ١٢ في المائة سنويا .

والصورة العليا ، التى أخذت في سنة ١٩٦٤ ،تبين تركيب الاسلاك الداخلية في مطابع نظم الكمبيوترات في خط الانتاج في احدى منشآت شركة اى.بى.ام IBM .



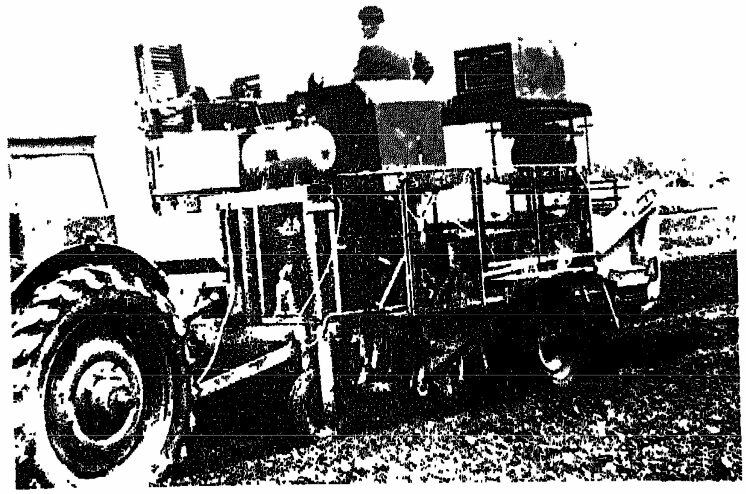
الكمبيوتر في الصناعة :

عامل يشاهد الكمبيوتر PDP-8/L من انتاج Digital Equipment Cor. يطبع أوامره لتغيير الآلات . ويطبع هذا الكمبيوتر كذلك البيانات التى تساعد عمال الصيانة على تحديد موضع العيوب فى الآلات وتصليحها بدون ضرورة البحث فى النظم الكهربية والميكانيكية والهيدروليكية .

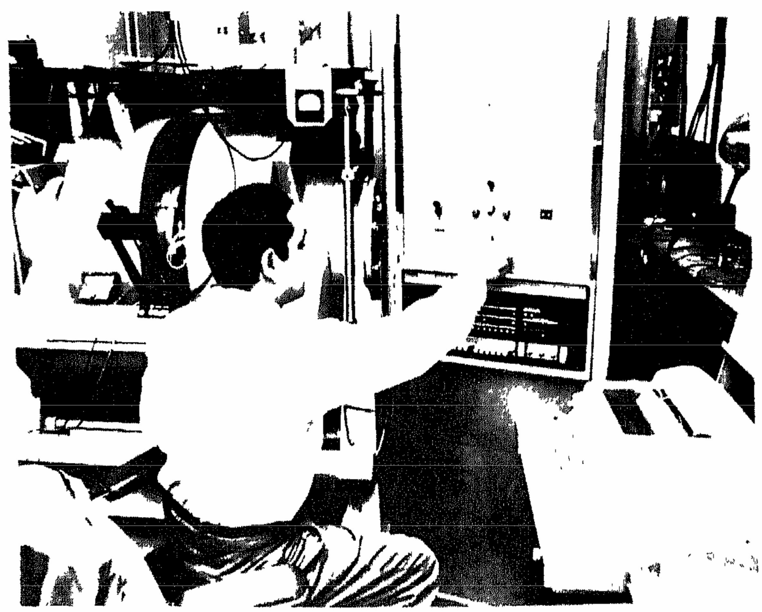


يمكن لنظام IBM 1800 Data Acquisition and Control System أن يقوم بوظائف مختلفة فى كثير من الصناعات العامة وتطبيقات البحوث ، مثل الاشراف على خط التجميع ، والتحكم فى عملية صناعة الصلب ، والتحليل الدقيق لقذيفة أثناء اطلاقها .

الكمبيوتر فى التجارب

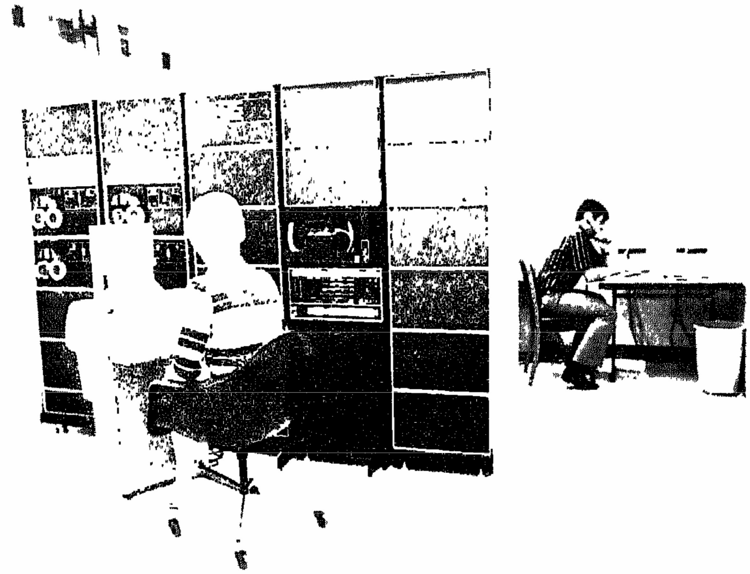


الكمبيوتر PDP-8/L المشاهد الى يمين العامل الفنى يستخدم هنا فى محطة المعهد الوطني الاسكتلندى للهندسة الزراعية قرب ادبنره لاختبار جهاز جديد (قبل انتاجه) لجنى البطاطس يستعين باشعة أكس فى رفض كل المواد الغريبة .

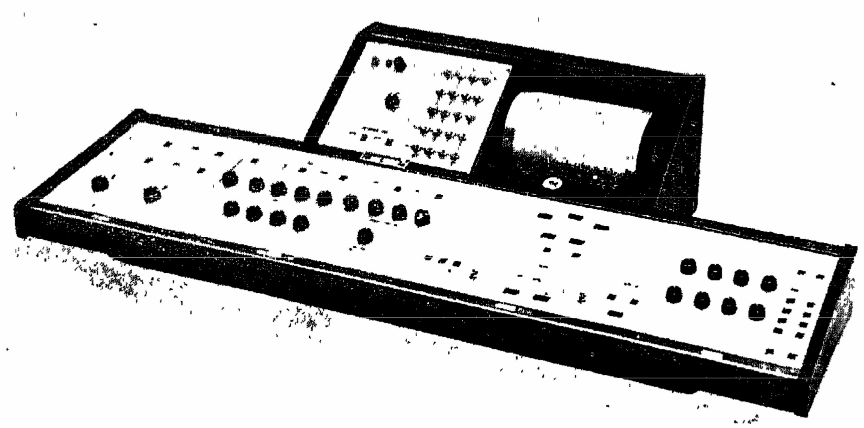


باحث فى الكيمياء التطبيقية فى مجلس البحوث الوطنى فى أوتاوا يستعمل نظاما لشركة Digital Associates Ltd. مبينا على الكمبيوتر PDP-8/L لدراسة الرنين المغنطيسى النووى .

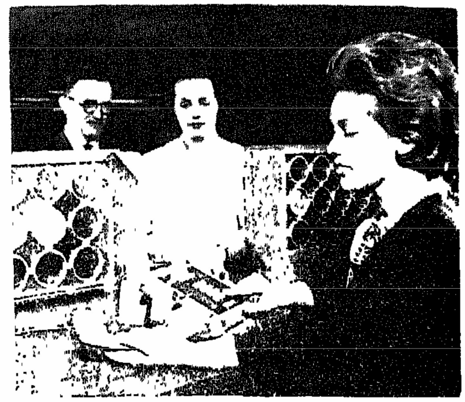
الكمبيوتر فى التعليم



في مشروع « لوكال » LOCAL تشترك خمس مدارس عليا في منطقة بوسطون فى استكشاف استخدام الكمبيوترات في الفصول الدراسية ، وذلك باستعمال نظام الاشتراك في الوقت Digital Equipment Corporation Tss-8 والذى يمكن الاتصال به عن بعد بواسطة التيبريتر أو خطوط التليفون العادية .

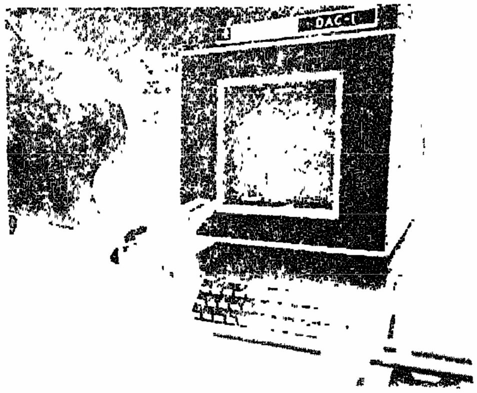


كمبيوتر التدريب Arkay CT-650 Trainer الذى يحتوى على ٦ « قوالب » تقابل الوحدات الاساسية الست الموجودة فى معظم الكمبيوترات ذات الغرض العام .



الكمبيوتر في البنوك

باستخدام بطاقة العميل وسماعة التلفون والازرار الموجودة بجانبها تتصل الموظفة بكمبيوتر البنك وتستعلم منه عن رصيد العميل ، وتخبره بمبلغ العملية فتتلقى منه قيمة الرصيد النهائى للعميل .



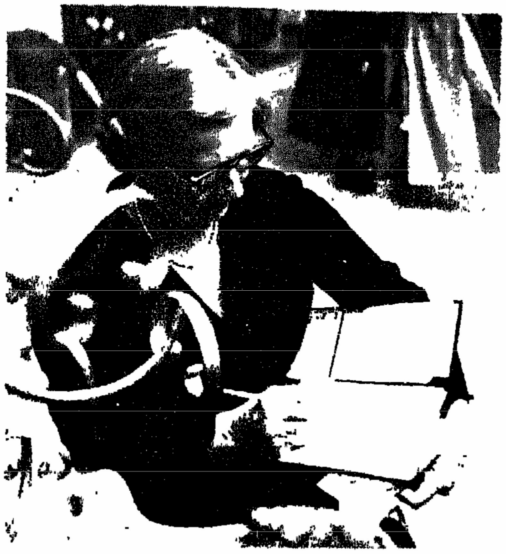
الكمبيوتر فى مساعدة التصميم الهندسى

باحث فى أحد مختبرات شركة جنرال موتورز للسيارات . يستعمل نظام GM DAC-1 لاختبار برنامج كمبيوتر يسمح بتعديل ((رسم)) تصميم جزء من سيارة .



الكمبيوتر في المعاهد العليا

أحد العلماء في معهد ماسانشوستس التكنولوجى يتصل بكمبيوتر كبير للمعهد لاجراء عملياته الحسابية أو حل مسائله العلمية دون أن يغادر مكتبه .

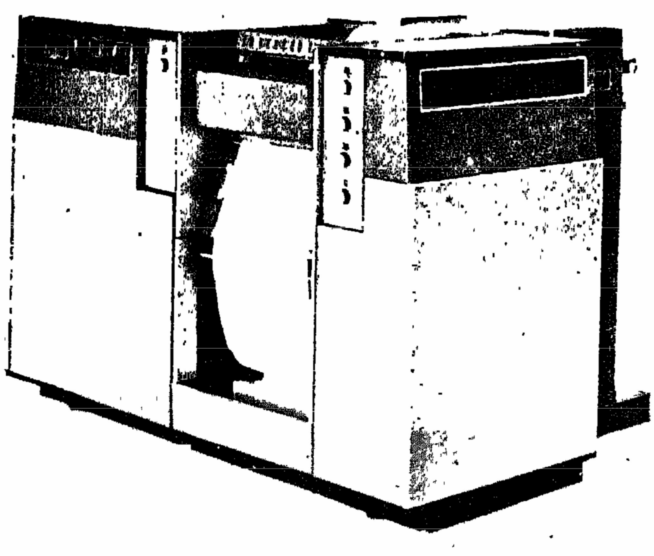




من وسائل التلقين والاخراج

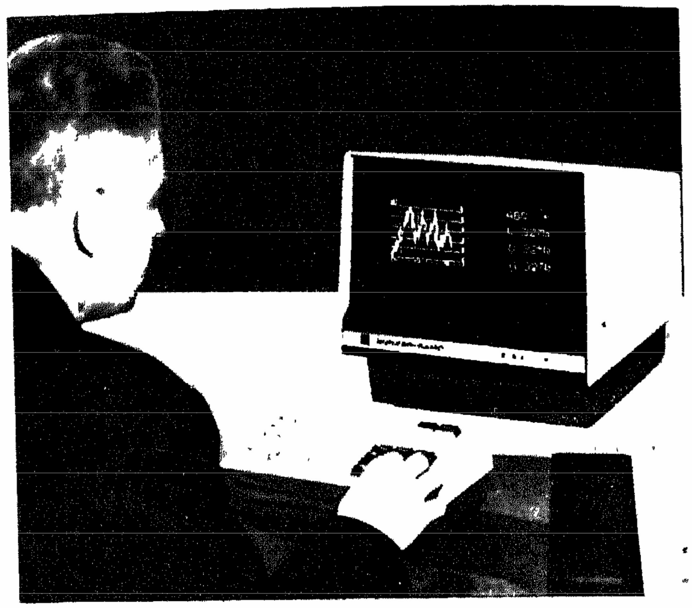
الارقام والحروف المكتوبة بالحبر العادى وباليد يمكن أن تقرؤها « قارئة حروف ضوئية » optical character reader وترسلها مباشرة الى الكمبيوتر (IBM)

قارئة شريط مثقب (ICL)



المطبعة الالكترونية آى.سى. ال ١٩٢٣ ICL 1933 تستطيع أن تطبع لغاية ١٣٥٠ سطرا فى الدقيقة ويحتوى السطر على ٩٦ أو ١٢٠ أو ١٦٠ حرفا أو رقما حسب الطلب .

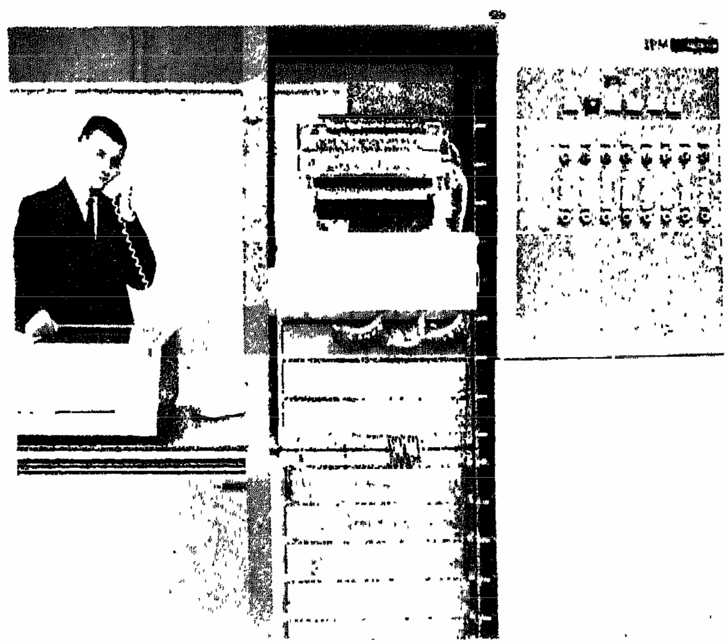
بعض وسائل العرض



باستعمال هذه « النهاية » يتصل هذا السمار بكمبيوتر بعيد عبر خط صوتى فيتلقى الاجابة على شاشتين منفصلتين، اليمنى منها للبيانات الرقمية والحرفية ، واليسرى للرسوم التى تتكون بتجمع النفط .

والنهاية المستخدمة هى

Bunker Ramo Telequote 70 terminal.

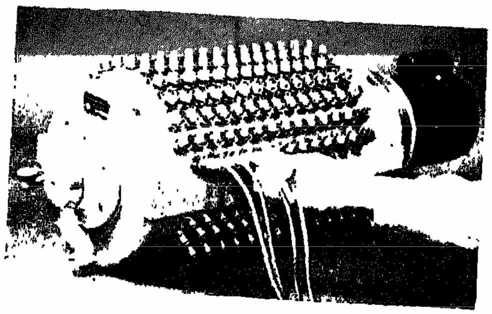


ردا على سؤال ألقى باستعمال قرص التليفون يتلقى هذا المهندس اجابة صوتية من الوحدة المستخدمة وهى وحدة IBM7770 وتحصل الوحدة على البيانات من كمبيوتر يجمع كلمات الاجابة من « قاموس » كلمات مسجلة على الطنبور المغنطيسي الظاهر في أعلى وسط الصورة .

بعض وسائل التسجيل والتخزين



القرص المغنطيسي الوحيد UNIVAC unidisc القابل للنقل .



طنبور مغنطيسي نموذجي من انتاج يونيفاك UNIVAC



((بنك بيانات)) يتكون من مجموعات قابلة للنقل من الاقراص المغنطيسية. يمكن الاتصال بها بعد ٧٥ جزء من الف من الثانية (I B M).

١٢ ـ وسائل وعلوم جديدة

علم « رجل سكان السفينة » (٨١)

فى سنة ١٩٣٨ قرر نوربرت فينر (٨٢) أستاذ الرياضيات بمعهد ماساسوستش للتكنولوجيا (٨٣) مع طبيب القلب روزنبلوث (٨٤) استكشاف « الأرض المحايدة بين مجالات العلم المتوطدة المختلفة .. تلك المناطق المتاخمة لحدود العلم والتي تحوى أعظم الفرص للباحث المؤهل » . وقد أطلق فينر على العلم الجديد اسم « سيبرنتكس » وهي كلمة اغريقية معناها « رجل سكان السفينة » .

وقد نمت الفكرة بسرعة وجذبت عدداً كبيراً من العلماء ذوى التخصصات المختلفة ، وهكذا نشأت أنواع جديدة من علم « رجل سكان السفينة » ذات اتجاهات رياضية والكترونية ، وبيولوجية ، وتكنولوجية ..

وفى أوسع المعاني يشمل علم « رجل سكان السفينة » كل مجالات الرقابة والتحكم والمواصلات فى الآلة والانسان .

واليوم يشمل هذا العلم كلا من المواضيع الآتية :

نظرية المعلومات (٨٥) ـ المواصلات ـ الحسابات الاوتوماتيكية (٨٦) ـ الأوتوميشن ـ تفسير الظواهر البيولوجية ـ التكيف (٨٧) ـ التغذية المرتدة فى « الحيوانات » الالكترونية ، أى الآلات التى تستجيب بالتجربة والخطأ ـ الترجمة الميكانيكية ـ نظرية ألعاب الاستراتيجية ـ التنبوء واتخاذ القرارات ، وبحوث العمليات (٨٨) ـ الاستنتاج الأوتوماتيكي .

ويتصل الكثير من هذه المواضيع بالكمبيوتر أو استعمالاته .

البرمجة الخطية :

عرفت « بحوث العمليات » بأنها « استعمال الطريقة العلمية ، وخاصة طريقة القياس ، للوصول الى قرارات يبنى عليها العمل التنفيذى » .

ولا شك فى أن البرمجة الرياضية هي أهم صور بحوث العمليات ، وأول فصل فى البرمجة الرياضية هو « البرمجة الخطية » والتي يمكن تبسيطها بالقول بانها طريقة رياضية للاجابة على السؤال التالي :

اذا كان لدينا موارد محدودة ذات استخدامات متعددة فيكف نستخدمها للوصول الى أكبر فائدة ممكنة (أو لتحمل أقل قدر من النفقات) ؟

(وبطريقة أدق : البرمجة الخطية هي النظرية الرياضية لايجاد النهاية العظمى أو الصغرى لدالة خطية لمتغيرات متعددة مع وجود قيود فى صورة « غير متساويات » خطية) .

(81) cybernetics (82) Norbert Wiener (83) M.I.T. (84) Rosenblueth
(85) information theory (86) automatic calculations (87) adaptation
(88) operations research.

وقد كان احسن الحلول لمشكلة الموارد المحدودة المتعددة الاستعمالات هي الطريقة (٨٩) التي توصل اليها الرياضي (الألماني المولد) دنتزج (٩٠) مع اثنين من زملائه ، وكان وصولهم للحل سنة ١٩٤٦ لصالح البنتاجون ، على أن الحل لم ينشر الا في سنة ١٩٥١ عندما تأكد الأمريكيون أن الروس قد وصلوا الى نفس الحل .

ولقد جاء الكمبيوتر في الوقت الملائم لخدمة الحل الذى وصل اليه دنتزج وزملاؤه والمبنى على عمليات حسابية طويلة لا يمكن اجراؤها باستعمال الآلات الحاسبة التقليدية الا في ازمنة طويلة جدا ، بحث لا يحصل على الاجابة الا بعد فوات وقت الافادة منها .

وهكذا بدأ علم البرامج الخطية . وتبعه علم البرامج غير الخطية .

ولقد جاءت البرامج الخطية حلا لمشاكل تقابل رجال الحرب عندما تكون مواردهم محدودة . على أن هذا النوع من المشاكل يقابل الناس في الصناعات ايضا ، وبنفس القوة . ومن هنا جاء دور علم « البرامج الخطية » في علوم الادارة .

تقويم المشروعات* :

في « اهرام » الجمعة ١٩٧٠/٤/٣ كتب محمد حسنين هيكل :

« انني لا أجادل لحظة في أن اسرائيل دولة متقدمة تمتلك كل الوسائل التي انتجها العلم لتحقيق التقدم » .

« لديها جامعات ومعاهد فنية على مستوى ممتاز بأى مقياس عالمي . »

« ولديها مقدرة على استيعاب علوم الادارة الحديثة التي هي محرك التقدم المادى » .

« ولديها بنسبة سكانها اكبر عدد من العقول الالكترونية في العالم وكانت هذه العقول هى التي حسبت لهاضربة الجو الحاسمة صباح يوم ٥ يونيه ١٩٦٧ ، بطريقة الـ PERT وهي « معادلة التنسيق الكامل في اطار واحد بين خطوات متعددة لكي تتم جميعا في نفس الوقت وبأعلى درجة من الكفاءة ... »

ونحب ان نضيف الى تعريف « الأهرام » لطريقة «برت» انها تستخدم عندما يوجد مشروع له مناطق متعددة ، بعضها يجب أن تتم فيه النتيجة في وقت ضيق ، والبعض الآخر له فائض من الوقت – وذلك مع وجود موارد محدودة ، ويستدعي استخدام هذه الطريقة تحليلا دقيقا للمشروع بأكمله لكي تعمل قائمة بكل النشاطات أو الأعمال الفردية التي يجب اداؤها لكي يتحقق الهدف النهائي ، ويحتاج الأمر الى استخدام كل المواهب والخبرات لكي يكون التحليل كاملا تماما ومحتويا على كل التفصيلات ، وبعد وضع قائمة النشاطات تنظم هذه في شبكة تعرض فيها العلاقات المتتابعة بها ، وبذلك يلقى الضوء على المناطق التي ليس لها فائض من الوقت للضياع عند تنفيذ المشروع ، والمناطق التى لديها ذلك الفائض .

---

(89) simplex method (90) George B. Dantzig

* الاسم الكامل هو « تكنيك تقويم ومراجعة المشروع » .

" Program Evaluation and Review Technique "

علم الكمبيوتر (٩١)

لم يحدث قط لاختراع واحد أن ظهرت له الآثار العميقة فى المجالات المختلفة فى سنوات قليلة مثلما حدث للكمبيوتر ، ولقد نبين بعد أن ادخل فون نويمان الأفكار التي أتى ذكرها فيما سبق أن هذا الاختراع جاء فاصلا بين عهدين، فلا عجب اذن ان رأينا الاقبال منذ البداية على ميدان الكمبيوتر من علماء الرياضيات والفيزياء ،والمهندسين ، ورجال التكنولوجيا ، وأصحاب رؤوس الأموال . ولقد نشأ من ذلك علوم وتكنولوجيا وصناعات جديدة . ومن العلوم الجديدة فى هذا المجال « علم الكمبيوتر » .

ويهمنا هنا أن نتكلم عن بعض الفروع التي تدخل تحت اسم هذا العلم الجديد . .

فى سنة ١٨٥٤ نشر الرياضي والفيلسوف الانجليزى جورج بول (٩٢) (١٨١٥ — ١٨٦٤) كتابه المسمى « بحث عن قوانين الفكر التي تبنى عليها النظريات الرياضية للمنطق والاحتمالات »(٩٣) ولم يكن بول قد نشر قبول ذلك شيئا يستحق الذكر من البحوث الرياضية الأصيلة التي لها مثل العمق الذى ظهر فى هذا الكتاب . وبذلك أصبح أول شخص ينشر باكورة بحوثه العلمية الخلاقة فى سن الأربعين ، على أن افكار بول لم تقابل فى مبدأ الأمر بالتقدير الذى تستحقه ، اذ لم يكن واضحا اى قيمة عملية للنتائج التي وصل اليها ، أو تلك التي وصل اليها الرياضي الانجليزى الآخر دى مورجان (٩٤) فى نفس المجال، ولم تظهر هذه القيمة الا عندما كتب كلود شانون (٩٥) فى سنة ١٩٣٨ رسالته للماجستير فى العلوم من معهد ماساسوستش للتكنولوجيا ، فقد بحث شانون فى رسالته طريقة ايجاد أبسط وأكفأ توصيلات المفاتيح (٩٦) والمتابعات (٩٧) فى الدوائر الكهربية باستعمال تعبيرات رياضية مبنية على العلاقات بين المتغيرات على أساس المنطق ، تلك العلاقات التي أوجدها جورج بول والتى يطلق الآن على قواعدها اسم « الجبر البولي » .

ومن هنا اصبح الجبر البولي أحد الفروع الأساسية فى الرياضيات اللازمة للكمبيوتر . كذلك نشأ فرع جديد لعلم الكبيوتر باسم « نظرية دوائر المفاتيح » (٩٨) ويتضمن تطبيقات الجبر البولي فى التوصيلات الكهربية .

ولعل القارى يدهش اذ يعلم أن « تصميم الكبيوتر الرقمى » أصبح الآن تطبيقا للجبر البولي (فى الواقع لفرع له يعرف باسم « الجبر البولى الثنائي » (٩٩)) .

علوم وفروع أخرى :

فى مجال وضع البرامج للكمبيوتر توجد دراسات كثيرة لانشاء لغات جديدة للكمبيوتر

---

(91) computer science (92) George Boole (93) " Investigation of the laws of thought on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities "

(94) Augustus De Morgan (95) Claude E. Shanon (96) switches

(97) relays (98) switching circuit theory (99) binary Boolean algebra

تكون اكثر صلاحية واسهل استعمالا من اللغات الحاضرة . وتتعاون اقسام الرياضيات واللغات في الجامعات فيما يطلق عليه اسم «لغات البرامج» .

ولما كان عمل الكمبيوتر متعلقا أساسا بالبيانات فقد نشأت صلة وثيقة بينه وبين علم جديد يعرف باسم « نظرية البيانات » (١٠٠) .

وفي علم الفيزياء زاد الاهتمام بفرع « فيزياء الحالة الصلبة » (١٠١) نظرا لتطبيقاته في صناعة الكمبيوتر . واليوم يدرس الباحثون كيف يمكن الاستفادة من أشعة « الليزر » (١٠٢) في صناعة كمبيوترات من جيل جديد تتم فيها العمليات بسرعة الضوء .

١٣ ــ علوم الكمبيوتر واستعمالاته في الجامعات والمعاهد العليا

لقد رأينا كيف أن الفضل الأول في مجال الأفكار الأساسية في تصميم الكمبيورتات كان لأساتذة الجامعات وعلى رأسهم :

الرياضي بابدج من جامعة كمبردج

الرياضي فون نويمان من جامعة برنستون

الفيزيائي ابكن من جامعة هارفارد

التكنولوجي ويلكس من جامعة كمبردج

ولا عجب اذن أن نرى الاهتمام المتزايد بعلوم الكمبيوتر وتطبيقاته في الجامعات والمعاهد العليا في البلاد المتقدمة ، وفيما يلي بعض المعلومات التى تبين مدى اهتمام الجامعات في هذا المجال . .

في بريطانيا * يتخصص في علم الكمبيوتر وتطبيقاته والعلوم المتصلة به اتصالا مباشراً أكثر من ٢٥٠ من أعضاء هيئة التدريس بالجامعات والمعاهد العليا ، موزعين كالآتي :

١٤٣ عضوا في أقسام « علم الكمبيوتر »

٧١ عضو في أقسام « علم البيانات »

٣٨ عضواً في أقسام « الرياضيات »

ويوجد في جامعة لندن وحدها معهد متخصص باسم « معهد علم الكمبيوتر » بالاضافة الى قسمين من أقسام « علم الكمبيوتر » .

وفي جامعة كمبردج يعمل في « مختبر الرياضيات » ستة من أعضاء هيئة التدريس

---

(100) information theory (101) solid state physics (102) lasers

* بيانات ١٩٦٩ .

المتخصصين فى علوم الكمبيوتر وعلى رأسهم الاستاذ ويلكس عضوا الجمعية الملكية الذى صمم الكمبيوتر « ادساك » .

وفى الولايات المتحدة الامريكية * يوجد اكثر من الف كمبيوتر رقمي فى حوالي أربعمائة جامعة ومعهد عال ، ويزيد نصيب علوم الكمبيوتر وتطبيقاته عنه فى بريطانيا بكثير بطبيعة الحال، وأمامى الآن دليل الدراسات العليا باحدى الجامعات (جامعة سيراكيوز) فاجد ٧ مقررات من علوم الكمبيوتر .

واما فى البلاد العربية فالأمر مختلف بطبيعة الحال . ولست أقصد أن أقارن بلادنا فى مجال علوم الكمبيوتر بالبلاد الصناعية الكبرى التي تسبقنا فى مجال العلم والتكنولوجيا بمسافات تزيد كل يوم ، ولكن مما يشجع أن نجد أن هناك أربع جامعات حكومية فى الجمهورية العربية المتحدة بها مراكز حساب الكتروني وذلك بالاضافة الى مختبر الحساب الالكتروني بالجامعة الامريكية بالقاهرة . وهذه الجامعات (بترتيب بدء استعمالها للكمبيوتر) هي : الاسكندرية (كمبيوتر امريكي) ، عين شمس (كمبيوتر أمريكي) القاهرة (كمبيوتر انجليزى) ، الأزهر (كمبيوتر بولندى) والآلتان الأخيرتان كبيرتا الحجم حديثتان وسعة التخزين الرئيسية فى كل منهما قابلة للنمو الى ٢٦٢ الف كلمة ، أما التخزين الاضافي فيمكن أن يصل الى مئات الملايين ، وعندما تكمل أجزاء كمبيوتر جامعة القاهرة فانه سيمكنه تنفيذ ١٦ برنامجا فى وقت واحد .

وفى البلاد العربية الأخرى ، مثل الكويت ولبنان ، يوجد كمبيوترات ببعض الجامعات ، كما أن البعض الآخر فى طريقها الى انشاء مراكز حساب الكتروني .

١٤ ـ تكاليف الكمبيوتر

تقسم نظم الكمبيوترات الى ست مجموعات حسب حجمها ، وفيما يلى بيان بالايجار الشهرى بالتقريب فى الولايات المتحدة لكل من المجموعات كما كان سنة ١٩٦٧ :

المجموعة	الايجار الشهرى بالدولار			
المجموعة الأولى (كبيرة جدا)	من	٥٠٠٠٠	الى	١٤٠٠٠٠
المجموعة الثانية (كبيرة)	من	٢٠٠٠٠	الى	٥٠٠٠٠
المجموعة الثالثة (متوسطة)	من	١٠٠٠٠	الى	٢٠٠٠٠
المجموعة الرابعة (صغيرة)	من	٥٠٠٠	الى	١٠٠٠٠
المجموعة الخامسة (صغيرة جدا)	من	٢٠٠٠	الى	٥٠٠٠
المجموعة السادسة (أصغر المجموعات)	من	٣٢٥	الى	٢٠٠٠

* بيانات ١٩٦٦ ولا بد انه قد حدثت تطورات كبيرة منذ ذلك الوقت .

١٥ ــ خاتمة

فى سنة ١٩٣٠ هاجر الى الولايات المتحدةالأمريكية شـاب مـن مواليـد بودابست يحمل الدكتوراه فى الرياضيات. وكان عمره عند وصولهالى الولايات المتحدة سبعة وعشرين عاما .

وفى سنة ١٩٣٥ هاجر الى الولايات المتحدةالأمريكية شاب آخر من مواليد بودابست أيضا يحمل الدكتوراه فى الفيزياء . وكان عمره عندوصـوله الى الولايات المتحدة سـبعة وعشرين عاما كذلك .

وقد عرف الرجل الأول فيما بعد باسـم« والد الكمبيوترات الحديثة » .

أما الرجل الثانى فقد عرف فيما بعـدباسم « والد القنبلة الهيدوجينية » .

وقد عرفنا الرجل الأول فيما تقدم فهـويانوس فوننويمان الذى غير اسمه الأولالىجون.

أما الرجلالثانىالذىيدعى ادوارد تلر(١٠٣)،فلم نذكر عنه شيئا فيمـا سبق . وربما يظن القارىء أننا ذكرناه هنا لنبين أن شخصين منأمة صغيرة لا حول لها ولا قوة قد قاما بجهود علمية ستغير نتائجها وجه العالم الذى نعيش فيه،وأن فى هذا عبرة لنا . فلعله يشب يوما ما فى بلادنا شخص يغير وجه هذه الأرض بأعماله العلمية .

اننا لم نقصد ذلك تماما ، وان كنا نتمناهبطبيعة الحال ، ولكننا قصدنا شيئا آخر . فقد جاءت أفكار فون نويمان اثناء عمله فى لجنة الطاقةالذرية الامريكية ، وكذلك جاءت أفكار ادوارد تلر أثناء عمله فى نفس هذه اللجنة . وهناك مثليقول « بعد الحرب تتحول السيوف الى نصـال للمحاريث » ،فصنع السيف سيؤدى يوما ما الىحرث الأرض . وها نحن قد رأينا كم أفاد الناس فى وقت السلم من الكمبيوتر ومن الطاقة الذرية . ولعله يأتى اليوم الذى يستطيع فيه الناس تسخير الطاقة النووية الهيدروجينية لخدمة البشر .

عندئذ سيتغير كل شيء على هذه الارض . فالهيدروجين من أكثر العناصر انتشارا ، ولا يكاد يكون له ثمن . والطاقة النووية التى يمكنتوليدهامنه ليس لها حدود .

وهناك بارقة أمل فى نجاح الانسان فى هـذاالسبيل بعد نتائج بحوث علمية أعلنت حديثا فى روسيا . وكل ما نتمناه أن يعم الخير كل البشر.

ولي أمنية ، أرجـو مـن صـميم قلبى أنتتحقق : هى أن يكون للعرب قسط ، اى قسط ، فى الجهود العلمية التى ستقود الانسان الى الكنوزالتى لن تنضب ما بقى من الناس أحياء على هذه الارض .

---

(103) Edward Teller

تذييل (١)

أنواع البرامج ولغات الكمبيوتر

يتألف البرنامج من سلسلة من الأوامر تلقن للكمبيوتر وتخزن فى ذاكرته الرئيسية قبل العمل، وتختلف هذه السلسلة عادة من برنامج الى آخر ، ويقتضى وضع برنامج لحل مسألة معينة ما يأتى :

١ ــ تجزئة المسألة الى خطوات اولية يستطيع الكمبيوتر أن ينفذها .

٢ ــ كتابة الخطوات فى تسلسل سليم .

٣ ــ ترجمة البرنامج المكتوب الى (لغة) يفهمها الكمبيوتر .

٤ ــ اختبار البرنامج باستخدام مجموعة بسيطة من البيانات .

والكنترول ، أى التوجيه والتحكيم ، هو الذى يفسر كل « أمر » بعد أن يتلقاه فى دوره من التخزين الرئيسى مكتوبا بشفرة ثنائية (فى معظم الكمبيوترات الرقمية) تعرف باسم « لغة الآلة » (١٠٤) . وتعرف الأوامر فى هذه الصورة باسم « أوامر الآلة » (١٠٥) وتتوقف لغة الآلة على تصميمها .

وفى الأيام الأولى للكمبيوترات الالكترونية كان واضعو البرامج يكتبونها بلغة الآلة التى ستنفذ عليها ، وكانوا يلاقون فى ذلك مشقة كبيرة . وعلى سبيل المثال اذا كانت الآلة المستخدمة هى آى . بى . ام/٧٠٤٠ (١٠٦) فانه كان يكتب :

0001 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1011 0111

للأمر بجمع محتويات « الموضع رقم (١٨٣) » فى الذاكرة الى « المراكم » (١٠٧) وهو المكان الذى تخزن فيه نتائج الجمع والطرح الخ .. تخزينا وقتيا أثناء عملية الحساب .

على أنه قد أمكن التخلص من معظم العناء الذى كان يلاقيه واضعو البرامج باختراع لغات سهلة الاستعمال نسبيا تترجم فيما بعد الى « لغة الآلة » باستخدام برنامج خاص يتوقف على اللغة المستخدمة وعلى تصميم الآلة . وتزيد اللغات التى اخترعت فى هذا المجال وشاع استعمالها فى أوقات مختلفة عن ١٢٠ لغة ، وذلك بخلاف اللغات التى كان استعمالها محليا .

اللغة الرمزية (١٠٧)

وقد كانت أولى اللغات التى اخترعت للتخلص من مصاعب لغة الآلة تسمح لواضع البرنامج بكتابة « الأوامر » فى صورة تحتوى على مختصرات لغوية وأعداد عشرية . وعلى سبيل المثال اذا اريد جمع محتويات « الموضع رقم ١٨٣ » الى « المراكم » (وهو الأمر السابق ذكره) فانه قد يكتب ADD 183

---

(104) machine language (105) machine instructions (106) IBM 7040

(107) accumulator (108) symbolic languages.

وكذلك كانت أوامر الطرح والضرب والقسمة والقراءة والوقوف تكتب فى بعض البرامج (المعدة للتنفيذ على آلات معينة) كما يلى على التوالى (من اليسار الى اليمين) :

SUB, MUL, DIV, RD, HLT

ومن السهل تذكر صور هذه الأوامر اذ أنها اختصارات للألفاظ الانجليزية :

SUBtract, MULtiply, DIVide, ReaD, HaLT

والتى لها المعانى المقصودة فى الأوامر (وقد كتبنا الحروف المحذوفة فى اللغة الرمزية بخط صغير) . والشفرة من هذا النوع تسمى « شفرة تذكرية »(١٠٩) لأنه من السهل تذكرها . ويطلق على البرنامج الذى يستخدم لترجمة اللغة الرمزية المكتوبة بهذا الشكل الى لغة الآلة اسم «مجمّع»(١١٠) كما يطلق على عملية الترجمة اسم «تجميع»(١١١) .

وقد اخترعت فيما بعد لغات أخرى ذات مستوى عال(١١٢) (لا تستخدم مع الكمبيوترات ذات السعة الصغيرة جدا) . ومن هذه اللغات ما عم استعماله مثل لغات «فورتران» و «كوبول» و « ألجول » وقد اشتقت هذه الأسماء كما هو مبين فيما يلى :

FORTRAN	(FORmula TRANslator)
COBOL	(COmmon Business — Oriented Language)
ALGOL	(ALGebraic — Oriented Language).

والأمر الواحد المكتوب باحدى هذه اللغات يترجم الى سلسلة كاملة من « أوامر الآلة » والبرنامج الذى يستخدم لهذه الترجمة يتوقف على اللغة وعلى تصميم الكمبيوتر ويطلق عليه اسم «مجمع كبير »(١١٣) كما يطلق على عملية الترجمة اسم « التجميع الكبير »(١١٤) .

ونستخدم لغتا فورتران وألجول فى النواحى العلمية(١١٥) بينما تستخدم لغة كوبول فى النواحى التجارية (الأعمال غير العلمية) .

وهناك لغة حديثة نسبيا تستخدم فى كل من الناحيتين العلمية والتجارية وتعرف باسم :

PL/1 (PROGRAMMING LANGUAGE I)

لغة فورتران :

أعلنت شركة آى . بى . ام هذه اللغة سنة ١٩٥٧ بعد سنوات من البحوث ، وكانت اللغة تتكون من ٢٥٠٠٠ سطر من الرموز . وقد اكتشفت بعض الأخطاء فيها فى مبدأ الأمر . وقد صححت هذه الاخطاء واستمر العمل فى تطوير اللغة مدة طويلة وظهرت عدة صور منها .

ولغة فورتران ذات قيمة عظيمة فى حل المسائل العلمية التى تعتمد على معادلات أو علاقات رياضية . وتستخدم هذه اللغة فى الوقت الحاضر مع كمبيوترات من صنع العديد من الشركات .

---

(109) mnemonic code (110) assembler (111) assembly (112) high-level languages
(113) compiler (114) compilation (115) scientific

لغـة كوبول :

فى سنة ١٩٥٩ فكرت وزارة الدفاع الأمريكية فى تشكيل لجنة من الحكومة ومن ممثلى شركات الكمبيوترات للقيام بتطوير لغة تتكون من الفاظ دارجة الاستعمال فى أمريكا وذلك لاستخدامها فى معالجة البيانات باستعمال أى كمبيوتر رقمى ذى سعة تخزين معقولة . وكانت لغة كوبول ثمـرة لجهود هذه اللجنة .

وتتكون هذه اللغه من الفاظ انجليزية معينة وتتركب جملها حسب قواعد خاصة . وعندما يتم شخص وضع برنامج بهذه اللغة فانه يكـون من السهل على شخص آخر يعرف اللغة الانجليزية أن يفهم هذا البرنامج وان لم يكن فى استطاعته وضع برنامج مماثل له .

لغـة ألجول

كانت الجول أول لغة كبيرة تصممها لجنـة مشتركة من منظمات مختلفة . وفى الواقع كانت اللجنة التى صممتها دولية . وفى مارس ١٩٥٩ صدر فى كوبنهاجن أول عدد من (نشرة الجول) (١١٦) وفى سنة ١٩٦٨ صدرت صورة معدلة من هذه اللغة .

لغـه PL/ 1

منذ بداية استعمال لغة فورتران كان واضحا أن هذه اللغة تعانى من قصور لعدم امكان استعمالها فى عدد من الآلات الموجودة بالاسواق . وذلك بالاضافه الى صعوبات فنية أخرى . ولمعالجة ذلك وافقت منظمة « شير »(١١٧) وشركة آى . بى . ام فى سنة ١٩٦٣ على تأليف لجنة مشتركة لتصميم لغة ذات مستوى عال تخلو من قصور فورتران . وقد تلفت اللجنة مساعدات من أفراد وهيئات أخرى . وفى أقل من ثلاث سنوات ظهرت هذه اللغة وكان لها تأثير كبير على صناعة الكمبيوتر . ويعتقد البعض أنها ستحل فى المستقبل محل لغات فورتران وكوبول والجول .

برنامج المصدر (١١٨) وبرنامج التطبيق (١١٩)

عندما يتم برنامج ويعد لتلقينه للكمبيوتر لترجمته الى لغة الآلة فانه يسمى «برنامج المصدر» والبرنامج الذى ينتج من الترجمة يسمى « برنامج التطبيق » والبرنامج الاخير هو الذى يستخدم مع البيانات للحصول على النتائج المطلوبة .

تذييل (٢)

نبذة تاريخية عن الكمبيوترات التناظرية

كما سبق أن ذكرنا كان الكمبيوتر « انياك » أول آلة حاسبة رقمية الكترونية . على ان اول التطورات الألكترونية فى صناعة الآلات الحاسبة كان فى مجـال الكمبيوتـرات التناظريـة . فبفضـل التكنولوجيا الالكترونية التى نشأت اثناء الحرب العالمية الثانية امكن صناعة صور الكترونية لالة

(116) Algol Bulletin (117) SHARE (118) source program (119) object program.

ميكانيكية تعرف باسم « المحلل التفاضلي » (١٢٠)كان الدكتــور فانيفــر بــوش(١٢١) مــن معهــد ماساسوستش التكنولوجي قد اخترعها سنة ١٩٣٠ وتم صنع نسخ عديدة منها بين هذه السنة وسنة ١٩٤٢ . وكانت هذه الالة مبنية على فكرة مبتكر صــنعه الفيزيائي البريطاني الكبير اللــورد كلفن سنة ١٨٧٦ ويعرف باسم « مكامل كلفن »(١٢٢)على انه من المرجح ان بوش وزملاءه قد عملوا مستقلين عن افكار كلفن .

وقد كانت « المحللات التفاضلية » مفيدة للغاية في دراسة النظم المعقدة التي يمكن تمثيلها بمعادلات تفاضلية . على انه سرعان ما ظهر ان الكمبيوترات الرقمية الجديدة اكثر قدرة واوسع افقا ، مما جعلها تحل بســرعة محل الكمبيوترات التناظرية كلما سمحت طبيعة المسائل المعروضة بذلك .

شكر

أود أن أقدم جزيل الشكر للهيئات والشركات الصانعة للكمبيوترات التي تفضلت بتقــديم صور توضح نظم الكمبيوترات ومكوناتها واستعمالاتها مما جاء بعضه في هذا العدد من مجلة (عالم الفكر) . ولا شك أن المجلة ستقوم بتقديم البعض الآخر في فرص قادمة .

* * *

(120) differential analyzer

(121) Vannevar Bush

(122) Kelvin integrator

المراجع

1. BARTEE T. C. : Digital Computer Fundamentals ; Mc Graw-Hill, 1966.
2. BOWDEN B. V. : Editor : Faster than Thought ; Pitman, 1967.
3. BRAZEE J. G. : Semiconductor and Tube Electronics ; Holt, Rinchart and Winston, 1968.
4. BROWN J. A. : Computer and Automation ; Arco, 1968.
5. BURROUGHS CORPORATION : Digital Computer Principles ; Mc Graw-Hill, 1962.
6. CRAWFORD F. R. : Introduction to Datea Processing ; Prentice-Hall, 1968.
7. CULBERTSON J. T. : Mathematics and Logic for Digital Devices ; Van Nostrand, 1966.
8. DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE AND THE BRITISH COUNCIL : Scientific Research in British Universities and Colleges, Vol. I, Physical Sciences ; Her Majesty's Stationery Office, London, 1969.
9. DESMONDE W. H : Computers and their Uses ; Prentice-Hall, 1964.
10. EADIE, D. : Introduction to the Basic Computer ; Prentice-Hall, 1968.
11. ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 1967.
12. EVANS, G. W. : WALLACE, G. F. and SUTHERLAND, G. L. Simulation using Digital Computers ; Prentice-Hall, 1967.
13. FARINA M. V. : Computers ; Prentice-Hall, 1969.
14. FLORES, E. : Computer Software ; Prentice-Hall, 1965.
    : Computer Design ; Prentice-Hall, 1967.
16. FONTAINE G. : Diodes and Transistors ; Centrex Publishing Co., Eindhoven, 1963.
17. FUCHS W. R. : Mathematics for the Modern Mind ; Macmillan, 1967.
18. GERRISH H. H. : Electricity and Electronics ; The Goodheart-Willcox Co. Homewood III, 1968.
19. GREEN B. F. Jr. : Digital Computers in Research, an Introduction for Behaviorial and Social Sciences ; Mc Graw-Hill, 1963.
20. HARTEE D. R.: Calculating Instruments and Machines, Cambridge University Press, 1950.
21. HELLERMAN H. : Digital Computer System Principles ; Mc Graw-Hill, 1967.
22. KRIEGER M. : Basic Switching Circuit theory ; Macmillan, 1967.
23. LAURIE E. J. : Computers and How They Work ; South Western Publishing Co., 1963.

24. LYTEL A. : Digital Computers in Automation ; The Bobb-Merrill Co. 1966.

25. MALEY G. A. and HEILWEIL M. F. : Introduction to Digital Computers ; Prentice-Hall, 1968.

26. MANDL M. : Fundamentals of Electronic Computers ; Prentice-Hall, 1967.

27. MARCUS M. P. : Switching Circuits for Engineers ; Prentice-Hall, 1967.

28. MARTIN F. F. : Computer Modeling and Simulation ; Wiley, 1968.

29. MARTIN J. : Design of Real-Time Computer Systems ; Prentice-Hall, 1967.

30. : Telecommunications and the Computer ; Prentice-Hall, 1969.

31. McCORMICK, E. M. : Digital Computer Primer ; McGraw-Hill, 1959.

32. MILLERMAN and TAUB : Pulse, Digital and Switching Waveforms ; McGraw-Hill, 1965.

33. RICHARDS R. K. : Digital Computers and Circuits ; Van Nostrand, 1965.

34. SAMMENT J. E. : Programming Languages ; Prentice-Hall, 1969.

35. SAY M. G. : Concise Encyclopaedia of Electricial Engineering ; Elsevier (Amsterdam) 1962.

36. SIPPI C. J. : Computer Dictionary and Handbook ; Sams, 1967.

37. STIBITZ G. R. and LARRIVEE J. A. : Mathematics and Computers ; Mc Graw-Hill, 1957.

38. TATON, RENE, : Science in the Twentieth Century ; Thames and Hudson, 1964.

39. TECHNICAL EDUCATION AND MANAGEMENT Inc., Computer Basics Vols. 1-VI, Sams 1968.

40. Thomas H. E. : Handbook of Transistors, Semiconductors, Instruments and Micro-electronices ; Prentice-Hall, 1968.

41. WILLIAMS J. B. : Digital Computing Systems ; McGraw-Hill, 1959.

42. WRUBEL M. H. : A Primer of Programming for Digital Computer ; Mc Graw-Hill, 1959.